

RICARDO MENDES JUNIOR

**PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS DE
MÚLTIPLOS PAVIMENTOS**


Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina para obtenção do grau de Doutor em
Engenharia

Florianópolis -
Agosto de 1999

RICARDO MENDES JUNIOR

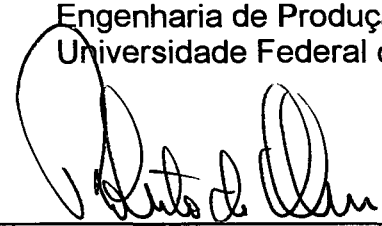
**PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO
DE EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de “Doutor”, Especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção




Prof. Ricardo Miranda Barcia
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:



Prof. Roberto de Oliveira, Ph.D.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

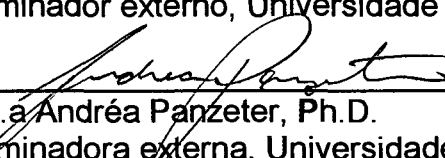


Prof. Norberto Hochheim, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.a Aline França de Abreu, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Sérgio Scheer, Dr.
Examinador externo, Universidade Federal do Paraná



Prof.a Andréa Panzeter, Ph.D.
Examinadora externa, Universidade Tuiuti do Paraná

Prof. Oscar C. López Vaca, Dr.
Moderador, Universidade do Sul de Santa Catarina

À Silmara
pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis deste trabalho,
à nossa pequena Carolina
motivo de muitas alegrias,
ao prof. Inaldo Ayres Vieira e meus pais
pelo incentivo no começo de tudo.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Fernando Heineck pela confiança no meu trabalho, pela orientação e grande incentivo para prosseguirmos neste caminho;

Ao professor Roberto de Oliveira pela orientação precisa na conclusão deste trabalho;

Aos professores Oscar López, Norberto Hochheim, Aline França de Abreu, e Carlos Formoso pelos comentários, sugestões e críticas ao longo do meu doutoramento;

À Universidade Federal do Paraná, em especial aos colegas do Centro de Estudos de Engenharia Civil “prof. Inaldo Ayres Vieira”, sem os quais nada disso seria possível;

À Fundação CAPES pelos recursos concedidos para a realização dos estudos;

À todos os colegas do Grupo de Gerenciamento da Construção - GECON - que estiveram junto comigo durante esses últimos anos, especialmente à Maria do Carmo Freitas;

Ao colega professor Carlos Luciano Vargas, companheiro de muitas empreitadas e que contribuiu em muito para tornar nosso trabalho mais prático;

Aos engenheiros das construtoras de Florianópolis que abriram seus canteiros de obras para a pesquisa inicial deste trabalho;

À empresa Irmãos Thá S/A que sempre manteve suas portas abertas para a realização de inovações;

Ao amigo Gilberto Kaminski por mais esta grande colaboração num momento crucial;

Ao engenheiro José Roberto Fenner de Souza pela confiança depositada no trabalho e o companheirismo demonstrado ao longo desta empreitada;

Ao Nelson, Marcos, Ricardo, Moacir, Daniel, e todos os seus colegas de trabalho, pela colaboração irrestrita durante o trabalho desenvolvido no seu canteiro de obras;

Aos companheiros de doutorado João Tavares, e esposa Selma, Jorge Ichiara, e esposa Karin, pela amizade e os bons momentos vividos nesta mesma caminhada;

À minha esposa, por acreditar em mim e me ajudar a vencer mais esta etapa;

Ao Criador, por tudo que está dito, e não dito.

SUMÁRIO

RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. APRESENTAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS DA TESE.....	3
1.3. A MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA	5
1.4. ESTRUTURA DA TESE.....	8
1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	9
2. O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO	11
2.1. OBJETIVOS E DEFINIÇÃO	11
2.2. NÍVEIS DE PLANEJAMENTO.....	12
2.3. ESTADO ATUAL DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO	13
2.4. TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO	16
2.5. SISTEMAS DE PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO	18
2.6. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....	20
2.7. MODELOS DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO.....	21
2.8. CICLO DE PLANEJAMENTO	26
3. A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO	30
3.1. PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS REPETITIVOS	30
3.2. A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO.....	33
3.3. BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES.....	37
3.4. METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO	43
3.5. CONCLUSÃO	46
4. O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	48
4.1. INTRODUÇÃO.....	48
4.2. INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR	51
4.2.1. Aplicação da Linha de Balanço	52
4.2.2. Informações pesquisadas	53
4.2.3. Análise dos dados.....	53
4.2.4. Conclusões	54

4.3.	FORMULAÇÃO DO SISTEMA PRELIMINAR	55
4.3.1.	Investigação da execução da obra.....	55
4.3.2.	Simulação e acompanhamento da execução	56
4.4.	MEDIDAS DE INTERVENÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NO CANTEIRO	58
5.	O SISTEMA DE INFORMAÇÕES.....	62
5.1.	VISÃO GERAL.....	64
5.2.	DECISÕES DE PLANEJAMENTO TÁTICO E OPERACIONAL	68
5.2.1.	Decisões de carácter tático.....	70
5.2.2.	Decisões de carácter operacional.....	70
5.3.	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SISTEMA	71
5.3.1.	Condições para utilização do planeamento tático.....	71
5.3.2.	A concepção do modelo de programação	73
5.3.3.	A concepção do planeamento operacional.....	74
5.3.4.	O sistema de controle	76
5.4.	DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	80
5.4.1.	Estrutura analítica do planeamento tático.....	81
5.4.2.	Rede básica de precedências	83
5.4.3.	Balanceamento das atividades.....	85
5.4.4.	Resumo do planeamento e controle.....	90
5.4.5.	Documentos do sistema de planeamento.....	90
5.4.6.	Documentos do sistema de controle da produção.....	98
5.4.7.	Programação de curto prazo.....	102
5.4.8.	Programação de médio prazo	104
5.4.9.	Quadros de programação e controle.....	107
5.5.	IMPLANTAÇÃO	110
6.	INTERVENÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DE UMA OBRA.....	111
6.1.	OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO	112
6.2.	CARACTERÍSTICAS DO CANTEIRO DE OBRAS.....	114
6.3.	ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO	117
6.3.1.	Treinamento.....	118
6.3.2.	Primeira etapa - implantação da programação semanal.....	119
6.3.3.	Segunda etapa - implantação da programação de seis semanas	120
6.3.4.	Conclusão da implantação.....	121
6.4.	PLANEJAMENTO INICIAL.....	123

6.5.	PROGRAMAÇÃO SEMANAL	126
6.6.	PROGRAMAÇÃO DE SEIS SEMANAS	134
6.7.	ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO	138
6.8.	SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO	143
6.8.1.	Introdução	143
6.8.2.	Metodologia	146
6.8.3.	Avaliação das expectativas com o sistema	147
6.8.4.	Avaliação da competência de projeto	147
6.8.5.	Avaliação da competência na implantação	148
6.8.6.	Avaliação do sucesso do sistema	148
6.8.7.	Outras informações	149
6.9.	CONCLUSÕES	149
7.	CONCLUSÕES	152
7.1.	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO	153
7.2.	CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO	153
7.3.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANEJAMENTO NO CANTEIRO DE OBRAS	154
7.4.	CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO	156
7.5.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	157
ANEXOS		159
ANEXO A - TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO E APLICAÇÕES		160
ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO		169
ANEXO C – PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO OPERACIONAL NO CANTEIRO DE OBRAS		177
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		179

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1- Visão geral do modelo de processo de planejamento	27
Figura 3-1- Curvas de produção típicas para processos repetitivos.....	31
Figura 3-2 - Curvas de produção para processos repetitivos não balanceadas.....	32
Figura 3-3- Linha de Balanço conceitual para um processo.	34
Figura 3-4 - Curvas de produção de processos (LUTZ, 1990).....	35
Figura 3-5 - Diagrama de Gantt x Linha de Balanço.....	36
Figura 3-6 - Informações do Diagrama da Linha de Balanço (BRANDÃO, GUCH e PAZ, 1995)	37
Figura 3-7 - Linha de Balanço das atividades (a) teóricas e (b) simulação real (atividades na sequência A-B-C-D).....	38
Figura 3-8 - Balanceamento das atividades com a programação paralela.....	39
Figura 3-9 - Programação não balanceada (a) com tempo de espera (<i>buffer</i>) (b) com interrupção da execução.	40
Figura 3-10 - Distribuição dos recursos (a) programação paralela (b) programação não paralela.....	41
Figura 3-11 - Ritmo de produção para conclusão das atividades no prazo estabelecido.	44
Figura 3-12 - Fluxograma de aplicação da técnica de Linha de Balanço (programação não paralela)	46
Figura 4-1 As fases do desenvolvimento da pesquisa	49
Figura 5-1 - Visão geral do sistema	67
Figura 5-2 - Sistema de Planejamento - Diagrama de Fluxo de Dados	96
Figura 5-3 - Sistema de Controle de Produção - Diagrama de Fluxo de Dados.....	102
Figura 5-4 - Planilha de programação de curto prazo - semanal	103
Figura 5-5 - Cartão de produção	104
Figura 5-6 - Programação de médio prazo - seis semanas	106
Figura 5-7 - Quadro de programação	108
Figura 5-8 - Quadro de controle	109
Figura 6-1 - Planilha de programação semanal adotada na intervenção	127
Figura 6-2 - Evolução do Percentual de Tarefas Planejadas (PPC).....	129
Figura 6-3 - Classificação dos problemas de execução.....	130
Figura 6-4 - Percentual de ocorrência dos problemas de execução.	131
Figura 6-5 - Evolução semanal do número de ocorrências de problemas e percentual em relação ao número de tarefas	131
Figura 6-6 - Evolução mensal do número de ocorrências de problemas de execução.....	132
Figura 6-7 - Planilha de programação de seis semanas	135
Figura 6-8 – Evolução do índice PPA (programação semanal em relação à de seis semanas).....	137

Figura 6-9 – Evolução do índice PAP (Programação de seis semanas em relação à inicial)	137
Figura 6-10 – Evolução do Desvio da Programação – DP	138
Figura 6-11 - a) Ritmos de execução – gráfico 1	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1 - Dados gerais dos empreendimentos	51
Tabela 4-2 - Caracterização dos empreendimentos estudados	56
Tabela 5-1 - Ambiente de decisão x informações geradas pelo sistema	69
Tabela 5-2 - Indicadores de desempenho de execução e programação.....	79
Tabela 5-3 - Estrutura analítica do planejamento inicial.....	82
Tabela 5-4 - Rede básica de precedências	84
Tabela 5-5 - Planilha de balanceamento das atividades.....	88
Tabela 5-6 - Planilha resumo do planejamento e controle	90
Tabela 5-7- Documentos do Planejamento.....	92
Tabela 5-8- Documentos do Controle de Produção.....	99
Tabela 6-1 - Características do empreendimento	114
Tabela 6-2- Situação das etapas de execução no início da implantação.....	115
Tabela 6-3 - Situação atual e metas, elaborada pelo administrador da obra	120
Tabela 6-4 – Planejamento inicial (tático).....	124
Tabela 6-5 - Informações das programações semanais	128
Tabela 6-6 - Características do PPC nos dois períodos	129
Tabela 6-7 - Problemas de execução.	133
Tabela 6-8 - Informações das programações de 6 semanas	136
Tabela 6-9 - Resumo das pontuações.....	146

RESUMO

O presente trabalho propõe um sistema de informações de controle de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. O sistema é estruturado para atender às decisões táticas e operacionais relativas às tarefas a serem executadas e aos recursos necessários permitindo avaliar o andamento da construção e a eficácia do controle. Como objetivos básicos da pesquisa destacam-se a investigação das características de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, o desenvolvimento da metodologia de acompanhamento e controle da produção, a prospecção do conhecimento praticado no planejamento de obras na realidade do canteiro de obras e o desenvolvimento do sistema de informações baseado em planilhas de fácil utilização, seja manual ou em computador. O trabalho desenvolvido foi aplicado num estudo de caso local no qual foram validadas muitas das ferramentas desenvolvidas e avaliadas a eficiência e aceitação do sistema de informações.

ABSTRACT

This work presents an information system for production control on multi-story building constructions. This system is structured to manage strategic and operational decisions on the construction tasks and resources. It implements measures to evaluate the overall efficiency of the construction works and control process. The main goals of the research are: investigating the production characteristics on this type of constructions; suggest a methodology for production control; prospecting over the common knowledge on construction site practice; and develop an easy-to-use information system based upon spreadsheets, manually or computer driven. The developments of this work were applied on a local case study where many of its tools were validated and the efficiency of the system was verified, as also its acceptance.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO

A eficiência da gerência depende da qualidade e quantidade das informações disponíveis nos diferentes níveis hierárquicos da empresa (BIO, 1985; ASSUMPÇÃO, 1996). Nos últimos anos, com as vantagens apresentadas pelos recursos da tecnologia da informação, tornou-se mais viável para as empresas a introdução de mudanças no ambiente organizacional. Muitos trabalhos apresentam experiências bem sucedidas de empresas que aplicaram esses recursos com intuito de melhorar a integração entre os vários agentes no processo de construção (AOUAD *et al.*, 1993). No entanto, mesmo com as vantagens existentes, muitas empresas persistem em desenvolver seus trabalhos da forma que sempre o realizaram. O que se vê em muitas empresas que utilizam fortemente a tecnologia da informação é a profusão de informações de níveis de gerência, mas com pouca ou nenhuma utilidade no nível de produção. Em construção civil a quantidade de informações geradas no canteiro de obras que são tornadas disponíveis de forma útil para o uso do administrador da obra é muito pequena.

Mesmo considerando que o uso atual da tecnologia da informação é maior do que no passado e se situa acima de 90% dos documentos técnicos elaborados em grande parte das empresas (SCHMITT e HINKS, 1998), o uso dos computadores para a programação da obra ainda é bem menor, e praticamente inexistente no controle de produção. O processo atual de planejamento das empresas de construção é mais voltado ao processamento de informações voltadas ao planejamento no escritório e à elaboração de relatórios de acompanhamento dos serviços executados (BERNARDES, 1996).

Planejar os fluxos de materiais e de trabalho é demorado, e na prática é pouco realizado (KOSKELA, 1992, p. 46). O objetivo de se realizar o planejamento é fazer com que o processo de construção se torne previsível e se possa antecipar as ações futuras para a concretizar o empreendimento. O processo tradicional dá mais atenção à geração de planos (táticos) e não tem provido a necessária integração vertical

- com o canteiro de obras. A ineficiência deste processo tradicional tem levado ao seu descrédito. Por serem tão abstratos pouco se faz uso destes planos pelo pessoal de obra. O planejamento operacional no canteiro é realizado pelo gerente técnico da obra, e é informal e dissociado dos planos formais (LAUFER e TUCKER, 1987). A sua relação com os demais níveis de planejamento (estratégico e tático) é praticamente inexistente ou ineficaz, sendo muitas vezes perturbada por incidentes ou interferências nos dois sentidos por falta de troca de informações.

BERNARDES (1996) mostrou num estudo de caso que a falta de informação faz com que os processos sejam desenvolvidos visando um curto período de tempo, geralmente em caráter de emergência. Um exemplo é o procedimento de estimar os prazos de término das atividades, onde os engenheiros e mestres de obras precisam muito de sua experiência, por não existir uma coleta sistemática de índices no canteiro, ou um procedimento de programação operacional. Deste estudo pode-se concluir também que embora haja uma coleta de informações no canteiro de obras por parte do pessoal responsável pelo planejamento no escritório, essas pouco influenciam a tomada de decisões da administração da construção. Isto ocorre devido à maior lentidão do processo de planejamento e controle em relação à produção no canteiro. Segundo LAUFER e TUCKER (1987) os administradores de obra têm a percepção de que o sistema de planejamento existe para arquivar, unicamente, as falhas do processo produtivo, não participando ativamente do processo de planejamento. Assim a maior parte do tempo dos engenheiros no canteiro de obras é utilizada para solucionar problemas relativos aos recursos e problemas técnicos oriundos do projeto. Entretanto, antes que qualquer processo de planejamento possa ser considerado, a natureza das operações no canteiro deve ser estabelecida.

Os trabalhos em canteiro de qualquer projeto de construção podem ser divididos hierarquicamente em componentes principais (por exemplo, fundações, estrutura, revestimentos), tarefas realizadas em cada componente (por exemplo, cravação de estacas e fundações rasas) e a alocação de equipes para tarefas em locais específicos (por exemplo, "concretar a laje do quinto piso", ou "montar as formas dos pilares do sexto piso"). A prática industrial indica que as características mais importantes são relativas à quantidade de repetições das tarefas necessárias para a conclusão da construção (COLE, 1991). Com base nisto as construções podem ser classificadas nas que incluem tarefas que são realizadas uma única vez durante a construção, e aqueles em que as tarefas são realizadas mais de uma vez (ou muitas vezes) durante a

construção. Esta última classe inclui construções cujas tarefas são repetitivas e aquelas que não são repetitivas. No último caso tem-se construções com as mesmas tarefas, mas que são realizadas em locais com geometria e condições distintas. Já no primeiro caso as tarefas são executadas nas mesmas condições em vários locais, configurando o que se conhece por **projetos de construção lineares**.

A construção de edifícios de múltiplos pavimentos se enquadra parcialmente nesta última classe, pois, na maior parte do tempo, trata-se de tarefas repetitivas. Os locais de execução são diversas unidades similares - pavimentos, apartamentos, ou peças, por exemplo - ocorrendo uma seqüência de processos que serão repetidos em cada uma destas unidades. Outros exemplos de construções lineares são estradas e pavimentação, obras de saneamento e conjuntos habitacionais. A natureza repetitiva destas obras, em conjunto com a ênfase da indústria da construção na padronização de processos e modularização de componentes ao longo dos últimos anos tem impulsionado o desenvolvimento de várias técnicas e estratégias de planejamento para estes tipos de construções, tanto a nível macro (tático) como a nível micro (operacional). O conceito fundamental de todas estas técnicas é a **Linha de Balanço** (*Line of Balance - LOB*) (LUTZ, 1990; LUMSDEN, 1968).

A técnica de Linha de Balanço foi desenvolvida para atender as necessidades de planejamento da indústria de manufatura e posteriormente foi adaptada e utilizada com sucesso por empresas de construção na Europa (DRESSLER, 1980), Canadá (RUSSELL, 1990) e Austrália (COLE, 1991). Os maiores benefícios da técnica de Linha de Balanço são: proporciona informações de produção e duração para cada processo repetitivo num formato gráfico que é facilmente interpretado tanto pelo pessoal de planejamento como de obra; facilita a programação da continuidade de trabalho das equipes ao longo das repetições nas unidades.

1.2. OBJETIVOS DA TESE

Este trabalho tem como objetivo maior a construção de um edifício alto, usando a técnica de Linha de Balanço com recursos computacionais e convencionais de maneira simples, integrada e acessível ao pessoal de obra.

A metodologia proposta no trabalho é estruturada para atender às decisões táticas e operacionais relativas às tarefas a serem executadas, e aos recursos

necessários, permitindo avaliar o andamento da construção e o desempenho da programação das tarefas.

Para o empreendimento, as informações possibilitarão tomar decisões que melhor se ajustem aos recursos disponíveis e administrar os recursos para que o fluxo de produção se mantenha contínuo.

Para a empresa, o sistema proposto cria um fluxo contínuo de informações entre o canteiro e o escritório com informações que permitirão administrar os recursos para atendimento à demanda dos empreendimentos e ter conhecimento imediato das metas operacionais de curto e médio prazo.

A metodologia é estruturada para uso manual, e portanto, facilmente aceita pela pessoal de obra. O armazenamento das informações de modo a facilitar o acompanhamento do desempenho da programação é apoiado por planilhas em computador, ou em sistemas com recursos de banco de dados ou agenda.

Através de um acompanhamento semanal a metodologia permite a qualquer tempo a discussão da tática mais adequada em relação às equipes de produção e aos recursos materiais para se atingir as metas a curto e médio prazo. A técnica de Linha de Balanço é incorporada para facilitar a previsão e visualização das atividades repetitivas na construção do edifício. Em outros tipos de construções esta técnica não tem a mesma utilidade.

Quando se indica que o método será utilizado pelo pessoal de obra, se pretende que seja utilizado pelos responsáveis pela execução - engenheiro, mestre e encarregados. O planejamento tático inicial, embora utilize informações usualmente provenientes do escritório, tais como o orçamento da obra, pode ser totalmente realizado pelo administrador da obra, seja por processo manual, ou com o uso de programas em computador, como uma simples planilha ou algum programa de gerenciamento de projetos. Uma vez concluído este planejamento inicial a programação ao longo da obra pode ser desenvolvida no canteiro de obras sem nenhuma dependência da equipe do escritório. O uso desta metodologia poderá levar a uma incorporação do computador ao processo de planejamento mais rapidamente e de forma mais consistente do que com os processos tradicionais de planejamento.

Destacam-se, então, quatro objetivos básicos para a pesquisa:

1. Investigar as características de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos;
2. Desenvolver uma metodologia de acompanhamento e controle de produção em canteiro;
3. Prospectar o conhecimento praticado no gerenciamento de obras na realidade do canteiro de obras;
4. Desenvolver um sistema de informações para suporte na programação de produção.

1.3. A MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

A motivação inicial para esta pesquisa é a busca pelo melhor uso das ferramentas de planejamento na prática profissional dos engenheiros de obra em nosso país. O autor tem dez anos de experiência em consultoria e treinamento em planejamento na construção civil e tem acompanhado as sucessivas melhorias nas técnicas de planejamento e programação e nos programas de computador. Porém não tem visto estas melhorias serem transformadas em facilidades no gerenciamento de obras prediais mais comuns nas grandes cidades brasileiras. Pesquisa recente (GHOBIL, 1993) em 23 construtoras atuantes no mercado imobiliário indicou que na área de planejamento, 100% das empresas utilizam sistemas para orçamento e 80% para programação de obras, porém a maioria informou que a diretoria técnica extrai muito pouca informação útil dos seus sistemas, tendo como principais fontes de informação as fontes verbais e os relatórios dos gerentes.

A maioria dos administradores de obras em empresas que utilizam programas de gerenciamento de projetos continuam pensando e trabalhando manualmente. Isto é, a idéia de se pesquisar todas as informações no computador ainda não é uma realidade. Os administradores continuam produzindo programações nos diferentes níveis com pouca conexão entre si, embora todas sejam da mesma obra. Como resultado, os diferentes planos pouco se interagem (ANDERSSON e JOHANSSON, 1996). Estes autores ainda salientam que uma minoria de administradores usam seus programas de gerenciamento como uma ferramenta para tomada de decisões. Na maioria dos casos o real planejamento e análise da obra é

realizado manualmente e os resultados são somente parcialmente documentados nos programas de computador. Entre empresas pesquisadas que possuem computador, 25% dos administradores planejam manualmente sem o uso do programa de computador (SCHMITT e HINKS, 1998).

Em um estudo realizado em micro e pequenas empresas de construção de Porto Alegre, FRUET e FORMOSO (1993) detectaram que em 84% dos casos, o gerente técnico é responsável pelo planejamento operacional das obras. Em 55% das empresas a técnica utilizada para o planejamento operacional da obra é o gráfico de barras (Gantt), mais conhecido como cronograma físico. Somente 4 empresas utilizam a técnica PERT/CPM (9%). Entre as razões citadas para a não utilização de PERT/CPM, o desconhecimento da técnica e a não aplicação ao tipo de obra executado pelas empresas foram citadas por quase 27% das empresas. Entre outras razões citadas tem-se: descrédito no funcionamento da técnica, falta de pessoal para aplicar, falta de continuidade na execução da técnica, inércia da empresa, falta de organização da empresa, pouco volume de obras. As razões citadas indicam ser esta técnica difícil de aplicar nas micro e pequenas empresas. Nota-se também a necessidade de treinamento dos gerentes técnicos na utilização de PERT/CPM, uma vez que 43% dos entrevistados apontaram dificuldades e/ou desconhecimento da técnica. No entanto, a mesma pesquisa mostra que o grau de informatização é expressivo: 82% delas possuem computador. Das empresas que possuem computador, 79% utilizam para processamento do orçamento, e menos da metade (43%) utilizam para o planejamento da obra. Nove empresas utilizam programas específicos para este planejamento, sendo 3 desenvolvidos pelas próprias empresas. O potencial do sistema de computação não está totalmente utilizado, principalmente no que concerne ao gerenciamento das obras. Somente 24% das empresas tem o planejamento operacional da obra documentado e atualizado, tarefa esta que poderia ser otimizada utilizando os recursos da informática. (FRUET e FORMOSO, 1993, p. 29).

Conclui-se que a aplicação na construção de edifícios de técnicas de gerenciamento de projetos, mais especificamente os chamados métodos baseados em rede (PERT e CPM), tem sido muito reduzida, embora existam vários programas no mercado. Entre as causas para este pouco uso estão a falta de prática, a falta de treinamento (dificuldade no uso) e a inadequação dos sistemas aos métodos empregados na empresa ou aos tipos de obras em construção.

Por outro lado já é reconhecida pelos pesquisadores a deficiência dos métodos baseados em rede para aplicação no processo construtivo (BIRRELL, 1980; JAAFARI, 1984; ALKAYALI *et al.*, 1993; KOSKELA, 1992; TOMMELEIN, 1997). No caso de obras prediais ou habitacionais, projetos de natureza linear e repetitiva, esta deficiência fica mais evidente. As técnicas baseadas nos conceitos de Linha de Balanço têm sido propostas justamente para suprir esta deficiência. A Linha de Balanço tem sido objeto de muitas pesquisas recentes (THABET e BELIVEAU, 1997; LUTZ e HIJAZI, 1993; COLE, 1991; WANG e HUANG, 1998) e vários trabalhos acadêmicos realizados no Brasil já mostraram a aplicabilidade da técnica em obras habitacionais e de edificações (SCOMAZZON *et al.*, 1985; MAZIERO, 1990; NEVES, 1993; ASSUMPÇÃO, 1996).

Embora proposta a várias décadas, o pouco uso técnica de Linha de Balanço em obras habitacionais possa ser creditado em parte à falta de programa de computador específico. Em trabalhos mais recentes no Brasil vários autores demonstraram que programas de computador existentes, tais como os gerenciamento de projetos e planilhas eletrônicas, podem ser utilizados (ASSUMPÇÃO, 1996; VARGAS, 1997; COELHO, 1998).

Vários pesquisadores têm proposto que se busque uma teoria ou conceito que se aproxime mais da realidade das obras de construção civil. Diversos pesquisadores e profissionais têm trabalhado no sentido de aproximar os modelos do processo de construção da realidade do canteiro de obras, utilizando-se de técnicas que auxiliem o processo de construção - desde o projeto até o controle - sem tentar modificar radicalmente a realidade do canteiro. A corrente de pesquisa denominada de "Construção Enxuta" (*Lean Construction*) tem este conceito como um de seus fundamentos. O trabalho pioneiro de KOSKELA (1992) foi um importante marco para esta corrente de pesquisa em Produção Enxuta aplicada à construção. No ano seguinte KOSKELA organizou a primeira conferência em construção enxuta, quando surgiu um grupo internacional de pesquisadores nesse assunto e novas conferências passaram a ser realizadas anualmente¹. Trabalhos publicados nesta linha têm estimulado uma nova concepção de ferramentas de apoio ao planejamento e controle de obras, que não deixando de utilizar as ferramentas tradicionais (como o CPM) procura introduzir técnicas mais simples e efetivas para uso diretamente no canteiro de obras (LAUFER *et*

¹ First Conference on Lean Construction, realizada na Finlândia em 1993 (ALARCÓN, 1997). International Group for Lean Construction na Internet: <http://www.vtt.fi/rte/lean/>

al., 1992; LAUFER e HOWELL, 1993; BALLARD, 1997; BALLARD e HOWELL, 1998; MELLES e WELLING, 1996; MILES, 1998).

O esforço de planejamento e controle é importante para o sucesso de um empreendimento. Várias pesquisas com construtores mostram que as informações de planejamento são um dos fatores chave para o sucesso de um projeto (SANVIDO e PAULSON, 1992; LAUFER e COHENCA, 1990). Entretanto uma ênfase demasiada no controle do que no planejamento pode não aumentar a eficiência do planejamento da construção. Estas pesquisas mostram que o esforço de tempo e qualidade no planejamento da construção anteriormente ao início da obra pode aumentar a eficiência do planejamento como um todo. E que esta eficiência também pode ser incrementada com maior foco ao longo da obra na análise de métodos de construção adequados e otimizados ao invés de dar maior prioridade ao desenvolvimento de programações e controle destas programações (previsões de avanço da obra, análise de desvio e ações corretivas).

Ao se analisar processos gerenciais de empresas de construção, percebe-se que, na sua grande maioria, há necessidade de desenvolvimento de ferramentas práticas e procedimentos para melhorar a coordenação, além de facilitar a comunicação entre os agentes que participam do planejamento (SHAPIRA e LAUFER, 1993). O campo de pesquisas científicas relacionadas a análise do processo de planejamento de construtoras é bastante amplo, porém o estudo do fluxo de informações no ambiente de produção - o canteiro de obras - é bastante carente.

Este é o quadro no qual está inserido o tema da pesquisa., ao focar o estudo de sistema de informações de programação de produção a nível tático e operacional no canteiro de obras.

1.4. ESTRUTURA DA TESE

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

No **capítulo 2** são discutidos aspectos teóricos do processo de planejamento e controle da construção e como ele é realizado na prática. São apresentados os diversos tipos de sistemas de planejamento da construção e suas características;

No capítulo 3 são introduzidas algumas considerações sobre técnica de Linha de Balanço aplicadas neste trabalho.

No capítulo 4 são apresentadas diversas fases de desenvolvimento da pesquisa, abordando os aspectos práticos do método de planejamento desenvolvido e apresentando as ferramentas computacionais desenvolvidas. É apresentada uma revisão das características de projetos repetitivos em relação ao planejamento e programação. Uma revisão dos métodos de programação com a técnica de Linha de Balanço para projetos repetitivos. A técnica da Linha de Balanço como utilizada nesta pesquisa é apresentada.

No capítulo 5 é descrito o sistema de informações desenvolvido, as suas características principais, formas de utilização, documentos e a proposta para sua implantação.

No capítulo 6 é apresentado o trabalho de intervenção realizado que objetivou a implantação da metodologia de programação no canteiro de obras do sistema de informações proposto, e essencial para a validação da metodologia e para a justificativa do sistema como uma inovação introduzida no canteiro de obras.

Finalmente, no capítulo 7, são apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho apresenta as seguintes limitações:

5. Não se pretende demonstrar a viabilidade de implantação do sistema em qualquer canteiro de obras, mas verificar sua validade e nível de aceitação e compreensão;
6. Não se pretende projetar um novo sistema completo de planejamento, mas propor ferramentas que possam suprir uma falta, que é a de uma programação sistemática no canteiro de obras. Não se estudou o impacto que estas ferramentas possam ter no processo de planejamento das empresas;
7. O sistema foi desenvolvido através de estudos em obras de edificações. Não se vê nenhum impedimento para o seu uso em

outros tipos de obras, mas sua aplicabilidade nestes outros tipos necessita ser comprovada. Em construções não repetitivas o uso da técnica de Linha de Balanço pode ser recomendável mas precisa ser melhor investigado;

8. As ferramentas computacionais desenvolvidas estão em estágio de protótipo em planilha eletrônica. Este protótipo não se presta para uso por usuários sem experiência no uso de planilhas em computador pois não possuem nenhuma interface de entrada de dados, e as informações devem ser fornecidas diretamente nas células da planilha. Os modelos desenvolvidos podem ser implantados em qualquer outro tipo de programa (geral ou dedicado) e em qualquer configuração de sistema operacional ou equipamento;
9. Não aborda aspectos da ciência comportamental.
10. Não aborda os efeitos da lei do aprendizado que caracteriza uma na produtividade das equipes após diversas repetições de uma mesma tarefa.

CAPÍTULO 2

2. O PROCESSO DE PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO

2.1. OBJETIVOS E DEFINIÇÃO

Segundo LAUFER e TUCKER (1987), são quatro os objetivos básicos do planejamento da produção:

1. assistir o gerente na direção da empresa;
2. coordenar as várias entidades envolvidas na construção do empreendimento;
3. possibilitar o controle da construção;
4. possibilitar a comparação de alternativas, facilitando, assim a tomada de decisão.

A quantidade de conceitos para o termo planejamento, na literatura, é tão extensa quanto o número de autores que o definem, havendo um grande número de definições distintas (FORMOSO, 1991). No entanto, existe pouquíssima literatura que enfoca, especificamente, o processo pelo qual o planejamento é realizado (SINK e TUTTLE, 1993 *apud* BERNARDES, 1996).

O significado portanto ainda é assunto para discussões. O conceito adotado neste trabalho está de acordo com a definição apresentada por SYAL *et al.* (1992), na qual planejamento é considerado o processo de tomada de decisão que resulta num conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial de um empreendimento em um desejado estágio final. Os mesmos autores acrescentam que essas ações fixam padrões de desempenho contra o qual o progresso do empreendimento é mensurado e analisado no controle durante a fase de construção. A definição apresentada por LAUFER e TUCKER (1987) é bastante similar à primeira, onde planejamento pode ser definido como o processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma desejada ação futura, utilizando para isso meios eficazes para concretizá-la.

2.2. NÍVEIS DE PLANEJAMENTO

O planejamento pode ser dividido em três níveis: estratégico, tático e operacional. Estes níveis correspondem a níveis hierárquicos e aos diversos estágios no processo de tomada de decisões e também a níveis diferenciados de detalhes nas suas informações. No nível estratégico são definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas em determinado intervalo de tempo. No nível tático enumeram-se os recursos e suas limitações para que essas metas sejam alcançadas, incluindo-se a organização destes recursos e estruturação do trabalho. Finalmente o nível operacional refere-se à seleção dos cursos de ações através das quais as metas são alcançadas. O planejamento operacional está relacionado com as decisões a serem tomadas a curto prazo referentes as operações de produção da empresa. (LAUFER e TUCKER, 1987)

Esses níveis do planejamento devem ser compatíveis com os papéis das várias entidades envolvidas no processo de planejamento. Geralmente, o proprietário ou contratante, e a alta gerência envolvem-se no planejamento estratégico da construção (qualidade, custo e prazos). A média gerência e a alta gerência são as mais envolvidas com a organização dos recursos. A gerência operacional auxilia a média gerência na seleção e escolha de soluções (LAUFER e TUCKER, 1987). Segundo esses autores, os diversos níveis de detalhes do planejamento produzem planos específicos definindo então uma dimensão vertical para o processo de planejamento. Fazer com que haja consistência entre esses planos representa uma das maiores dificuldades do planejamento. Isto é explicado pelas próprias características dos empreendimentos de construção, cujas programações requerem freqüentes modificações.

Um outro modelo de planejamento proposto por BALLARD e HOWELL (1998) tem inspiração no controle de produção como idealizado na indústria de manufatura. Neste modelo os níveis de planejamento são: (1) planejamento inicial; (2) planejamento futuro, que detalha a programação para algumas semanas e (3) planejamento executivo, que estabelece o que deve ser feito, depois de se avaliar o que se pode fazer. Um outro planejamento de métodos existe inserido nos anteriores e detalha como os serviços serão feitos com progressivamente mais detalhes em cada um dos níveis de planejamento. A pesquisa destes autores é diretamente influenciada pelos trabalhos de SANVIDO (1984 *apud* BALLARD e HOWELL, 1998) em sistemas ,

KOSKELA (1972) em fluxos , e LAUFER e HOWELL (1993) no planejamento da construção.

2.3. ESTADO ATUAL DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO NAS EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO

O planejamento realizado no escritório central, seja em qual nível se consiga fazê-lo, ainda é pouco utilizado pelo pessoal em canteiro. Isso ocorre devido, entre outros, aos seguintes motivos:

- a) execução da obra no canteiro coordenada através de um planejamento de curto prazo realizado pelo administrador da obra sem seguir o do escritório e em períodos diferentes;
- b) dificuldade para atualização dos planos por parte dos responsáveis pelo planejamento, na maioria das vezes por não disporem de informações do canteiro em tempo e na forma adequada;
- c) falta de integração vertical do planejamento.

Segundo LAUFER e TUCKER (1987) o processo de planejamento envolve cinco fases:

1. planejamento do processo de planejamento;
2. reunião da informação;
3. preparação dos planos;
4. difusão da informação e
5. avaliação do processo de planejamento.

A etapa que maior atenção recebe dos responsáveis pelo planejamento nas empresas de construção é a de preparação dos planos. Existem muitas técnicas utilizadas para a preparação dos planos de obra, porém as técnicas de rede baseadas

no Método do Caminho Crítico² são as mais difundidas, até pelo grande número de programas computacionais disponíveis no mercado para seu processamento.

O planejamento em redes requer a divisão de fluxos em atividades específicas, que são então organizadas numa seqüência buscando a (aparentemente) menor duração. Uma atividade numa rede CPM é uma parte do fluxo de trabalho total de uma equipe ou é ela própria um fluxo de trabalho completo. É usualmente alimentada por um fluxo de materiais.

Quando uma atividade é uma parte de um fluxo de trabalho mais amplo, ela é fortemente afetada pelas atividades anteriores. A equipe de operários tem que mover-se de um local anterior, e se as atividades são as mesmas, os benefícios do aprendizado são obtidos e o tempo de preparação reduzido. O custo de supervisão e controle também depende da continuidade do fluxo de trabalho. Redes CPM geralmente são incapazes de modelar estas questões.

Quando uma atividade consiste de um fluxo de trabalho completo (digamos, instalação de um elevador), o método de rede apenas determina a sua data de início, mas não planeja o fluxo propriamente dito.

Assim, o planejamento em redes tradicional falha no suporte ao planejamento dos fluxos de trabalho das equipes ou fluxos dos materiais e pode levar a fluxos não otimizados. Nem os fluxos de trabalho de equipes nem o fluxo de materiais são planejados numa forma consistente (BIRRELL, 1980, 1986). Dito de forma simplifica, interrupções nestes fluxos estão sempre prestes a acontecer. (KOSKELA, 1992, p. 33).

O acompanhamento e o controle do processo de planejamento envolve a medição e avaliação de indicadores de desempenho, além da correção de possíveis desvios. O modelo de planejamento proposto por LAUFER e TUCKER (1987) apresenta um ciclo de replanejamento, que se inicia com a coleta de informações sobre o sistema que está sendo controlado. Estas informações são processadas na etapa de elaboração dos planos e difundidas para as entidades que dela necessitam. A partir destas informações, são geradas ações que podem provocar desvios nos planos iniciais. São, então, coletadas novamente informações sobre o sistema com o objetivo de identificar

² CPM - *Critical Path Method*. No restante do texto este método será chamado apenas de CPM.

estes desvios. Retorna-se então ao início do ciclo, com o processamento das informações e reformulação dos planos. Assim neste modelo o processo de controle está inserido no processo de planejamento.

Este modelo que pressupõe um ciclo de planejamento integrando atividades de uma equipe de planejamento com a equipe de produção não tem sido efetivamente utilizado pelas empresas de construção. E ainda, o uso unicamente deste modelo não propicia o desenvolvimento de ferramentas mais adequadas para o envolvimento da equipe do canteiro no processo de planejamento. A difusão no canteiro das informações de planejamento como preparadas pela equipe de planejamento e o uso no canteiro das mesmas ferramentas de planejamento não tem obtido resultados na melhoria da eficiência do processo de planejamento. As ferramentas de planejamento tático, por exemplo, não tem condições de serem usadas eficientemente para o planejamento operacional de curto prazo. E, por fim, a noção de que o planejamento operacional detalhado (de curto prazo) não tem importância para o atendimento de metas estabelecidas para longo prazo está sendo ultrapassada. As novas filosofias de produção dão prioridade mais aos fluxos de produção e ao planejamento operacional, objetivando atender metas de produção, prazos, qualidades, redução de desperdício e ainda propiciam melhoria contínua do processo.

Ao longo desta pesquisa ficou constatado que qualquer modelo de sistema de planejamento deve representar principalmente o ambiente operacional do canteiro de obras, isto é, deve ser facilmente compreendido e utilizado pelo pessoal da obra.

Por outro lado, o controle de produção como entendido na indústria de manufatura é o detalhamento progressivo da produção e dos fluxos de informação. O controle de produção olha para a frente e age diretamente no processo de produção e, o controle da construção acompanha resultados de modo a identificar quais partes estão com falhas (BALLARD e HOWELL, 1998).

O modelo tradicional de controle da construção é na realidade um modelo de controle de projetos, não um controle de produção. BALLARD e HOWELL (1998) afirmam que este modo de pensar é problemático e propõem um modelo no qual a qualidade das ordens de serviço é a chave do controle de produção e da determinação da produtividade. Além do que um controle de projetos com necessidade de muitas

correções também é muito difícil, o que exige uma nova postura já na fase de projeto (ver por exemplo MELHADO, 1998).

2.4. TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

Existem várias técnicas de planejamento das atividades de um projeto. Entre os quais os diagramas de barras, as técnicas de rede, métodos de simulação e Linha de Balanço.

O diagrama de barras - também chamado de gráfico de Gantt, é o mais simples método de planejamento e ainda o mais utilizado na construção civil tanto para planejamento quanto para controle de obras.

As técnicas de rede incluem o Método do Caminho Crítico (CPM) e a técnica de rede PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) entre os mais conhecidos. Vários autores consideram o uso das técnicas de rede CPM indispensáveis para a programação de obras (LEVITT *et al.*, 1988), pelo menos enquanto não existirem técnicas mais adequadas (LAUFER e TUCKER, 1987).

Do ponto de vista prático entre as desvantagens das técnicas de rede incluem-se:

- a) necessidade de especialistas na ferramenta para criar ou modificar o plano da obra, mesmo com o uso de ferramentas computacionais (BIRRELL, 1980);
- b) dificuldade dos profissionais encarregados do gerenciamento da construção de entender a complexidade das redes (BIRRELL, 1980);
- c) dificuldade de aplicação da técnica pela variabilidade das durações e falta de precisão na estimativa de atividades e recursos (HEINECK, 1984);
- d) incompatibilidade com a essência do processo construtivo onde uma seqüência detalhada das operações não é tão importante como para outros tipos de indústrias (LAUFER e TUCKER, 1987);

- e) modelo baseado em atividades específicas, que não planeja adequadamente os fluxos de equipes e materiais existentes no processo construtivo (KOSKELA, 1992);

Como vantagens dessas técnicas pode-se citar:

- a) ajuda a determinar a lógica de construção da obra;
- b) permite a visualização dos desvios no tempo e sua influência adiante na obra.

Aplicações em construção de métodos de simulação de processos que utilizam variáveis aleatórias existem há mais de vinte anos (p.ex. HALPIN e WOODHEAD, 1976 e CARR, 1979). Estes métodos podem ser utilizados de forma associada aos métodos de rede (VAN SLYKE, 1963), ou utilizando outras regras lógicas para execução das atividades em função dos recursos disponíveis (SAWHNEY e ABOURIZK, 1995, 1997). No entanto modelos de simulação têm sido pouco usados no planejamento de obras. Os desenvolvimentos recentes nos programas de simulação têm a expressividade e capacidades necessárias, e por isso vêm sendo investigados para modelar os conceitos de produção enxuta e produção puxada (TOMMELEIN, 1997).

O uso da simulação para o planejamento permite que o processo de construção seja estudado a um nível bastante detalhado, pois na execução da simulação o ritmo do tempo pode ser alterado (acelerado ou retardado) (LOBÃO e PORTO, 1997).

A técnica de balanceamento, conhecida como Linha de Balanço, propõe que as atividades repetitivas sejam programadas em termos do seu ritmo de produção ou de conclusão, isto é, o número de unidades que as equipes que executam determinada operação conseguem concluir numa unidade de tempo. Este ritmo de produção é então mostrado num gráfico (chamado de gráfico de objetivos) com o eixo horizontal representando o tempo e o eixo vertical as unidades produzidas. Neste gráfico pode também ser representado a produção real de unidades, durante a execução da obra. A Linha de Balanço serve para mostrar ao encarregado de uma determinada produção, em um dia arbitrário, o progresso de cada um dos componentes do complexo produtivo, e caso existam atrasos permitir-lhe tomar decisões que visem regularizá-lo. A Linha de Balanço foi criada para processos de produção, sendo depois

adaptada também para planejamento e controle de projetos (LUMSDEN, 1968; INPE, 1972).

Neste trabalho constatou-se que todas estas técnicas convencionais têm origem no planejamento, porém são de difícil assimilação e uso no canteiro de obras, mesmo pelo pessoal de nível superior, pois as exigências de informação do ambiente de produção no canteiro vão além do que estas técnicas oferecem. Nesta situação o uso destas técnicas torna-se um fator de complicação para o processo de produção, pois não acrescenta valor a este processo. O seu uso limita-se a avaliações periódicas do andamento do empreendimento, alimentadas com informações coletadas somente no momento da avaliação e geralmente passível de conter muitos erros. E também, como estas avaliações não são contínuas, os seus resultados já são previsíveis para o engenheiro da obra, servindo apenas como informação para a gerência da empresa. Desta forma as necessidades do canteiro de obras não são atendidas.

2.5. SISTEMAS DE PLANEJAMENTO DA CONSTRUÇÃO

A prática da construção é usualmente baseada, como visto acima, em planejamento informal. É uma tarefa que consome tempo de profissionais especializados, os quais geralmente a executam de uma forma intuitiva com base na experiência prática e em conhecimentos heurísticos e não em estudos de caráter matemático ou estatístico, com grande quantidade de condicionantes em suas decisões. Portanto a própria natureza desta tarefa dificulta o desenvolvimento de algoritmos para geração de planos e acompanhamento de obras (FORMOSO, 1991; MCGARTLAND e HENDRICKSON, 1985).

Atualmente o uso de sistemas de computação para o gerenciamento em construção é mais intenso (SCHMITT e HINKS, 1998). Os equipamentos estão cada vez mais difundidos e de fácil acesso às empresas e existe disponibilidade de pessoal apto para operação destes sistemas. O atual estágio de desenvolvimento tecnológico indica que esta disponibilidade deve aumentar bastante nos próximos anos.

O uso de computadores freqüentemente provoca a produção de informações em excesso, muitas vezes desnecessárias, e principalmente se sua implantação for realizada de forma desordenada, sem o devido levantamento de necessidades de informações da empresa. A parte da necessidade de um trabalho de análise de sistemas, a implantação de um sistema de planejamento e controle na

empresa e principalmente no canteiro de obras, deve ser realizada com um sistema simples, de poucos procedimentos diferentes, que seja facilmente compreendido pelo pessoal técnico, sejam operadores ou usuários. Se a informação não melhorar a decisão, ela terá pouco ou nenhum valor. Entretanto, deve-se considerar que as decisões tornam-se ineficazes quando os seus responsáveis estão diante de uma certa quantidade de informação que não são capazes de processar (GALBRAITH, 1974, *apud* SANVIDO e PAULSON JR, 1992).

Estas constatações nortearam o desenvolvimento da metodologia de programação utilizada neste trabalho, bem como a forma para a intervenção no processo de produção no canteiro de obras, o detalhamento das informações e o fluxo destas informações no sistema desenvolvido.

Em sua pesquisa, realizada com 23 empresas de construção, GHOBRIEL (1993) conclui que os sistemas mais utilizados são os diretamente relacionados com as atividades dos gerentes de obras, ou seja, os programas para orçamento, programação e controle: "Foi observado que os sistemas em uso não atendem de forma completa as necessidades dos usuários, principalmente por que são na sua maioria sistemas transacionais³, e portanto não têm a devida flexibilidade para lidar com problemas semi-estruturados, que constituem a maior parte dos problemas da média e alta gerência." Nestas empresas os sistemas mais utilizados para o planejamento são sistemas para orçamento de custos e sistemas gerenciadores de projeto. Os sistemas de orçamento de custos de um modo geral possibilitam o planejamento da obra utilizando o diagrama de barras. Os diagramas de barras podem apresentar informações do progresso das atividades juntamente com informações financeiras, geralmente de maior interesse para as empresas (cronograma físico-financeiro). Os sistemas de gerenciamento de projetos visam facilitar a utilização de técnicas tradicionais de planejamento, tais como as técnicas de redes. Assim sendo, são hábeis somente para manipular informações que resultam do processo de planejamento (durações, precedências, recursos, etc.).

Técnicas não convencionais de programação de computadores vêm há algum tempo sendo investigadas para uso no planejamento da construção, entre as quais, inteligência artificial e algoritmos genéticos. Não se têm conhecimento de sistemas comerciais em uso por empresas de construção que já utilizem estas técnicas.

³ Sistemas transacionais ou sistemas de apoio às operações, são redes de procedimentos rotineiros que servem para o processamento de transações recorrentes, como por exemplo, sistemas de folha pagamento, processamento de pedidos e compras (BIO, 1985).

Sistemas integrados procuram atender à necessidade de informações mais corretas e rapidamente disponíveis no ambiente empresarial. Os sistemas mais comuns são os sistemas que integram as tarefas de planejamento com o orçamento de custos (GHOBIL, 1993), porém ainda pouco usados nas empresas de construção no Brasil. A integração com os demais processos administrativos e operacionais a nível transacionais configura o que se chama de sistemas de informações gerenciais.

2.6. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Sistema de informação é o conjunto de subsistemas de processamento de uma empresa, que combinam informações, processos, pessoas e tecnologia da informação para se atingir determinado objetivo (AOUAD *et al.*, 1993). Esta é a visão do processamento das informações de controle de produção que se desenvolve neste trabalho. Os processos, as pessoas e as informações estão integrados no mesmo nível para se atingir os objetivos do planejamento da construção. A tecnologia da informação é um ingrediente adicional que viabiliza esta integração.

A medida que este sistema pode responder a uma variada gama de necessidades de informação para a tomada de decisões aproxima-se do conceito de um sistema total de informações, ou sistema integrado, ou sistema de informações gerenciais - SIG (*Management Information System*) (BIO, 1985). Nesta concepção o sistema de planejamento e controle seria um subsistema do sistema de informação da empresa. A integração do sistema de planejamento com os demais subsistemas da empresa pode ser através de procedimentos manuais ou automatizados (via computador).

A integração dos sistemas de planejamento com informações de projeto (CAD) e do processo construtivo é um campo recente de pesquisas denominado construção integrada por computador (CIC) (SANVIDO e MEDEIROS, 1990). CIC define uma meta de melhor uso do computador para integrar o gerenciamento, o planejamento, projeto, construção e operação das edificações. CIC é um conceito relativamente novo e vem sendo implementado com diferentes margens de sucesso. CIC corresponde ao esforço da indústria de manufatura na integração de seu processo produtivo - o chamado CIM, *Computer Integrated Manufacturing* - iniciado várias décadas antes da indústria da construção. Uma rápida descrição dos métodos utilizados para aplicação destes conceitos na construção civil pode ser lida em SANVIDO e MEDEIROS (1990).

As mais recentes metodologias de engenharia de software tais como a orientação a objetos da década de oitenta (popularizados na linguagem de programação C++) e a recente computação distribuída dos anos 90 representam avanços no sentido do desenvolvimento de novos programas capazes de tratar a diversidade de atividades e informações envolvidos no processo construtivo como um todo. Esta tecnologia tem propiciado a rápida evolução dos modelos computacionais voltados a implantação da CIC e técnicas não convencionais de programação.

Um dos conceitos chaves nestes novos modelos é a representação da construção como um modelo de produto com abordagem orientada a objetos (SAUSE *et al.*, 1992). Objetos representam entidades dinâmicas na memória do computador que definem dados e seu estado e servem para agrupar dados que pertençam a uma entidade real. Os objetos encapsulam tanto dados quanto procedimentos (ou métodos) que especificam as operações que podem ser realizadas com estes dados. Conjuntos de objetos similares são agrupados em classes para simplificar a associação de conhecimento aos objetos e manter a implementação detalhada das operações restritas a cada classe facilitando o controle e manipulação das interações entre objetos. Entre os diversos trabalhos neste campo podemos citar FROESE (1996), WINSTANLEY *et al.* (1993), JÄGBECK (1994), STUMPF *et al.* (1996).

2.7. MODELOS DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO

Criar um modelo é um passo crítico para o entendimento e a melhoria da performance de um sistema. Também, o desenvolvimento de modelos aceitos é um precursor da automação de processos. A necessidade de um modelo para organizar as empresas foi colocada por TATUM (1983, *apud* SANVIDO e NORTON, 1994). Ele mostrou que não havia um método bem estabelecido para organizar empresas de projeto no setor de construção. Assim, para melhorar a produtividade do sistema e o fluxo dos processos, há a necessidade de um modelo conceitual que suporte o projeto, desenvolvimento e melhoria dos sistemas de gerenciamento.

Um processo é definido como um conjunto de passos sucessivos ou atividades com um produto final ou serviço sendo prestado (KARTAM, BALLARD e IBBS, 1997). Estas atividades podem acrescentar valor ao produto ou serviço ou não acrescentar valor algum. Modernamente o projeto de sistemas de produção e de organizações empresariais tem por objetivo reduzir ou eliminar as atividades que não

agregam valor e tornar o fluxo dos processos na cadeia produtiva mais veloz e voltado às necessidades do cliente, propiciando também a sua melhoria contínua e eliminação do desperdício, princípios que são encampados pela nova filosofia de produção denominada *Just In Time* - JIT (WOMACK e JONES, 1996). Assim, atividades como, por exemplo, espera por materiais, espera por instruções ou ordens, retrabalho, inspeção e controle são consideradas atividades que não agregam valor ao processo de construção. Distinguir entre as atividades que agregam e as que não agregam valor é um fator importante do modelo de processo.

Por outro lado, um modelo de sistema não considera os passos que constituem o processo, e focaliza o ambiente dos processos (KARTAM, BALLARD e IBBS, 1997). Detalhar o processo com suas entradas, saídas, instruções ou ordens, realimentações e interações com outros processos é um dos objetivos principais da modelagem de sistemas.

Os pontos de vista e os objetivos dos modelos de processos e sistemas são distintos, porém ambos são necessários para modelar corretamente o processo de construção. Muitos modelos de sistemas existem na literatura de administração. KARTAM *et al.* (1997) descrevem três modelos que são considerados importantes por terem recentemente sido utilizados de forma bastante apropriada para a indústria da construção. Estes modelos são os propostos por WALKER (1995, *apud* KARTAM *et al.*, 1997), SANVIDO (1984), CHUNG (1989, *apud* KARTAM *et al.*, 1997).

O modelo convencional que domina a visão do processo de produção é o modelo de conversão. De acordo com este modelo construção é o resultado de conversões de materiais e trabalho (humano e maquinaria) para produzir o produto final - a edificação. Nesta concepção o processo de produção pode ser hierarquicamente dividido em subprocessos que, por sua vez, são também processos de conversão. O modelo proposto por WALKER utiliza este conceito de conversão. De certo modo este modelo e suas conseqüências são usualmente aceitos para a construção. Um exemplo é o processo de orçamento de custos onde o custo total da obra é calculado com base nas estimativas de custos individuais dos serviços, que por sua vez, são calculados com base no custo para se realizar o serviço numa unidade básica usada como padrão. No entanto, utilizar o modelo de conversão para modelar o processo de construção com o objetivo de analisar e gerenciar as operações de produção não levará a resultados corretos e geralmente não retrata a realidade do processo (SHINGO, 1988). Um dos

problemas principais no modelo de conversão é que este não diferencia atividades de processamento ou conversão (agregar valor) e atividades de fluxo (não agrega valor).

Quando o modelo convencional de administração da produção, baseado exclusivamente nos processos de conversão, é visto sob a ótica da filosofia JIT, conclui-se haver um erro grave na análise e gerenciamento (MACHADO, 1996). Ao focar sua atenção somente nas conversões, o modelo convencional despreza os fluxos existentes entre elas. A filosofia JIT encara a consideração destas operações (os fluxos) como relevante, embora considere-as desnecessárias à melhoria do processo, procurando então eliminá-las, partindo do princípio que elas não agregam valor ao produto final do ponto de vista do cliente. Estas interpretações incompletas estão presentes nos métodos convencionais de controle de produção e aumento de produtividade. O princípio da minimização dos custos leva a uma situação de busca por altos índices de utilização dos recursos, podendo gerar *buffers* (aberturas - espaços de tempo ociosos) entre as atividades, além do que esta forma de produção não consegue identificar os impactos causados por determinadas atividades sobre a eficiência de outras subseqüentes, pois não consegue enxergar o relacionamento entre elas.

Em relação ao processo de programação e controle, o modelo convencional pode ser considerado estático. Exemplos de tais modelos são as redes PERT/CPM e diagramas de barras. Nestes modelos a performance do sistema é avaliada por comparação entre a situação real e uma meta estabelecida. As correções apenas permitem mudanças organizacionais que procurarão retomar a situação planejada visando o atendimento de outra meta futura. Nestes modelos de controle não há espaço para as atividades de fluxo e de administração da produção.

SANVIDO (1988) propôs um modelo dinâmico para construção que identifica oito atividades básicas no processo de construção no canteiro de obras: contratar recursos e serviços; transportar e inspecionar; armazenar; distribuir os recursos no canteiro; definir um procedimento de trabalho; converter as entradas usando um procedimento de trabalho; sintetizar as conversões num projeto; controlar o fluxo de entradas para atingir os resultados esperados. Este modelo representa além da atividade de conversão, as atividades de fluxo, incluindo nestas as atividades de controle. Como deficiências, este modelo ainda não distingue entre as atividades que agregam valor ao processo, não diferencia entradas que são recursos das que são restrições. E ainda, não incorpora uma das principais características da filosofia JIT, a

capacidade de melhoria contínua. Como característica favorável este modelo é facilmente compreendido e aplicado no canteiro de obras.

CHUNG (1989) desenvolveu um modelo integrado do processo de construção que elimina algumas deficiências dos anteriores, mas ainda não diferencia as atividades que não agregam valor ao processo, pois é diretamente derivado do modelo de conversão. Além de sua dificuldade de compreensão, pela forma como é representado graficamente.

KOSKELA (1992) pesquisou as deficiências do modelo de conversão aplicado à construção e os processos de planejamento e controle oriundos deste modelo, propondo um novo modelo conceitual para o processo de construção. É uma generalização de diferentes modelos sugeridos em outras áreas de aplicação, tais como o JIT e o TQC (*Total Quality Control*). Sua nova filosofia de produção concebe as atividades de produção como fluxos de processos materiais e de informação. A eficiência do processo depende das atividades de conversão (os processamentos de materiais) e também da forma como são tratados os fluxos existentes através destas. Considera-se que apenas as atividades de conversão agregam valor ao processo, levando-se à concluir que as atividades de fluxo devem ser eliminadas, ou reduzidas, ao buscar-se a melhoria do processo com um todo. KOSKELA propõe os seguintes princípios para controle e melhoria dos fluxos dos processos: redução das atividades que não agregam valor; redução da variabilidade dos procedimentos de produção; redução do tempo de ciclo das atividades; simplificação do processo; incremento da flexibilidade do processo; aumento da transparência do processo; controle do processo como um todo; incentivo à melhoria contínua no processo; e balanceamento entre a melhoria dos fluxos e das conversões.

O modelo de KOSKELA é apenas um modelo de processo, não identificando a concepção de um sistema, com as interações entre os processo e o processo de controle de produção (administração).

KARTAM *et al.* (1997) propõem um modelo de sistema de planejamento da construção baseado num diagrama de tarefas (*workmap*) onde a seqüência de processos é representada, bem como as instruções ou ordens para sua execução. Este modelo traz as mesmas vantagens do modelo proposto por CHUNG. Como vantagens adicionais o modelo é facilmente compreendido, aplicável e de ter a sua eficiência mensurada. As realimentações ou correções no processo podem ser tanto a nível de

processos quanto em relação às ordens, propiciando assim a melhoria contínua e o avanço do conhecimento e performance do sistema com um todo.

Destes modelos somente o modelo de Koskela é um modelo de processos, sendo os demais modelos de sistemas de produção (ou de planejamento da produção). Assim estes têm a falha de não apontar as atividades que não agregam valor ao processo. Com o intuito de suprir esta falta KARTAM e IBBS (1996) propuseram o modelo CPR que integra três outros modelos ao modelo de diagrama de tarefas, que são os modelos de comunicação (C), interação entre processos (P) e matriz de responsabilidades (R).

Para os objetivos deste trabalho a modelagem do sistema de planejamento da produção no canteiro de obras foi considerada suficiente, sendo uma primeira etapa para a busca da melhoria do processo de construção como um todo. Ambos os modelos propostos por SANVIDO e por KATTAM, BALLARD e IBBS foram investigados para aplicação e concluiu-se que as ferramentas desenvolvidas se enquadram em ambos os modelos. Este último modelo foi de maior utilidade por propor um vocabulário de fácil assimilação que orienta os critérios de avaliação da performance do sistema. O modelo proposto por SANVIDO foi usado como ponto de partida para o fluxo de informações no canteiro de obras, por ser mais simples e direto, enquanto que o modelo de KATTAM, BALLARD e IBBS é mais abrangente.

2.8. CICLO DE PLANEJAMENTO

Diversos autores propõem um esquema geral para o processo de planejamento da construção (LAUFER e TUCKER, 1987; FORMOSO *et al.*, 1998) e investigado este nas empresas (BERNARDES, 1996). No contexto deste trabalho não será investigado em detalhes o processo de planejamento, o que implicaria num estudo das relações entre as diversas atividades de planejamento, entre os diversos agentes do processo e do fluxo de informações. Uma vez que o escopo do trabalho será o processo de programação de atividades no canteiro de obras, e que o pessoal do canteiro troca informações com agentes externos à obra, é necessário apenas um conhecimento de qual é o ciclo de planejamento, que indique como as atividades da obra se relacionam com as demais de forma simplificada.

Conforme ilustra a Figura 2.1, o ciclo de planejamento tem origem no escritório, num departamento ou engenheiro de planejamento, responsável, entre outras tarefas, pelo detalhamento dos serviços que serão executados, seus custos, procedimentos de execução, índices de produtividade esperados, e quantitativo de recursos. A gerência da empresa, geralmente na figura de um gerente técnico ou coordenador de obras, acrescenta as informações sobre a disponibilidade financeira da empresa, permitindo uma programação preliminar dos recursos ao longo da execução do empreendimento, e a definição de um plano de longo prazo adequado ao fluxo de caixa. Se a obra for contratada o plano de longo prazo poderá estar atrelado ao cronograma de desembolso já acertado em contrato. Esta fase do ciclo é representada na primeira parte da Figura 2.1 indicada como "escritório".

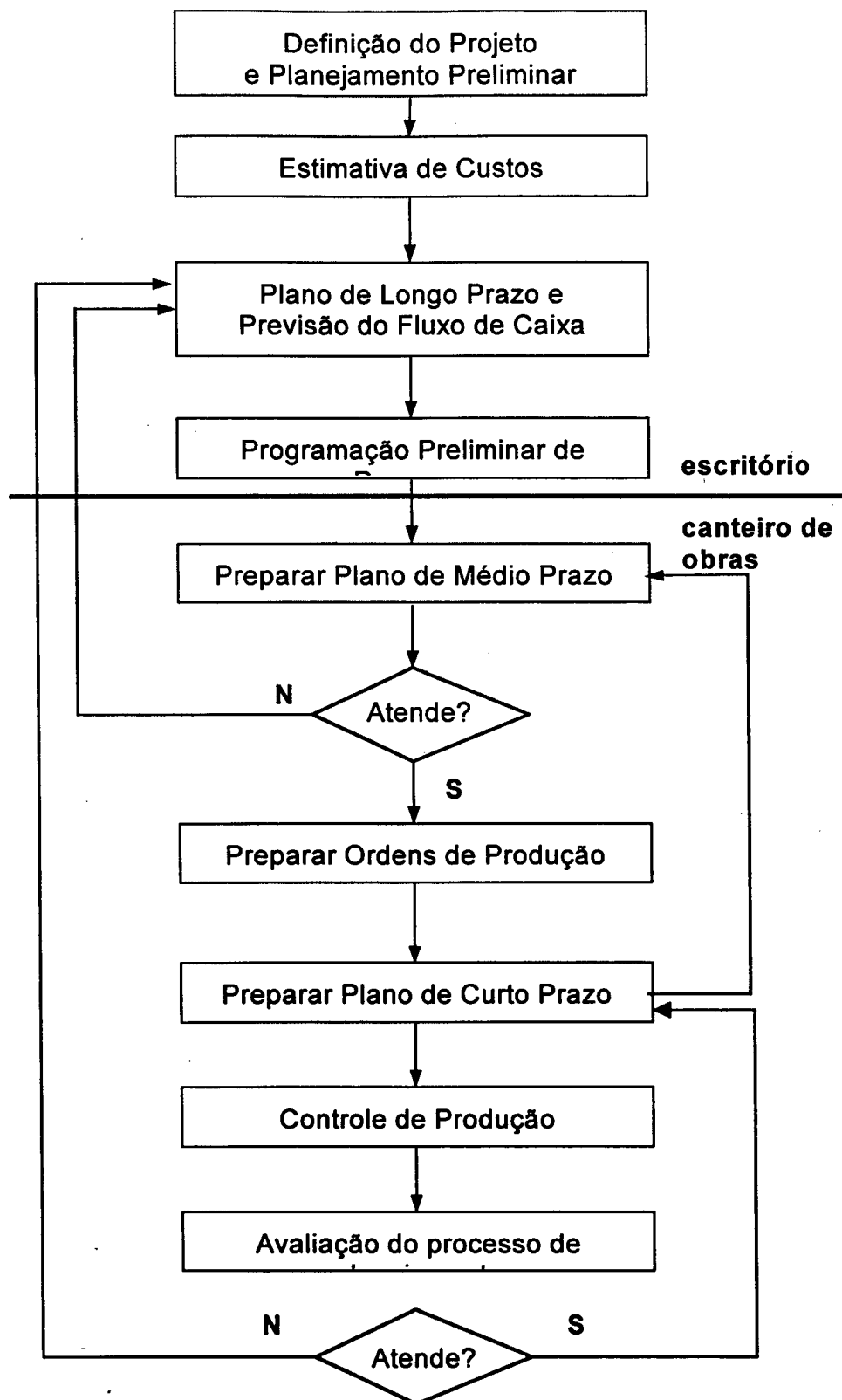


Figura 2-1- Visão geral do modelo de processo de planejamento

Como já indicado anteriormente, na maioria das empresas de construção em que este planejamento é realizado, o próximo passo será o acompanhamento da execução da obra conforme o plano de longo prazo e adequando-se ao cronograma de desembolso (ou programação preliminar de recursos). A tarefa de acompanhamento consistirá no levantamento de informações de execução (medições) e consumo de recursos, que serão avaliados perante os planos elaborados. Se algum desvio for constatado, é provável que ações corretivas sejam executadas modificando-se provisoriamente as condições de prazos e recursos originais, ou revendo-se os planos elaborados (replanejamento). Este ciclo tradicional não está representado na Figura 2.1.

Este trabalho propõe que uma nova fase seja incluída neste ciclo de planejamento, atuando diretamente no canteiro de obras. Esta fase compõe-se do plano de médio prazo, das ordens de produção, do plano de curto prazo, e da avaliação do processo de planejamento como mostra a Figura 2.1 na parte indicada como “canteiro de obras”, e que será detalhada no restante deste texto.

Em resumo, o plano de médio prazo é elaborado tendo em vista os recursos programados para o período e os prazos estabelecidos para as atividades. Neste trabalho foi adotado um prazo de seis semanas para este plano, e definida uma área marginal de planejamento, com prazo maior, onde serão previstas atividades importantes para além das seis semanas, e as tarefas de preparação correspondentes. Para as atividades do plano do médio prazo são detalhadas as ordens de produção, contendo os procedimentos de execução e de qualidade, e os volumes de construção a serem executados.

O plano de curto prazo é elaborado para um período de uma ou duas semanas verificando-se entre as atividades do plano de médio prazo quais as que estão em condições de serem executadas, isto é, as instruções das ordens estão atendidas, os materiais estão no canteiro e as equipes podem assumir estas atividades para o período.

Considerando que este ciclo de planejamento possui três planos de obra distintos, estes podem ser realizados também em níveis diferentes de detalhamento. Assim, o plano de longo prazo pode ser um plano tático, onde somente as principais atividades são planejadas, de forma a possibilitar a definição de estratégias e a previsão dos principais recursos. O plano de médio prazo pode conter, além das atividades do plano tático, atividades adicionais necessárias ao estabelecimento de metas

importantes, usualmente relacionadas a recursos ou fornecedores. E por fim, o plano de curto prazo terá o maior detalhamento possível, abrangendo todas as equipes de trabalho.

A proposta de três planos de obra tem por objetivo garantir a integração entre as decisões táticas da gerência operacional da empresa e a equipe do canteiro. Cada um destes planos de obra será elaborado diretamente pelo agente responsável naquele nível de decisão (gerente, engenheiro e mestre-de-obra), viabilizando assim o seu uso efetivo como ferramenta de apoio à tomada de decisões.

A cada ciclo de programação (uma ou duas semanas) um novo plano de curto prazo é elaborado, e o plano de médio prazo é revisto.

O controle de produção consiste no acompanhamento das tarefas e atividades executadas e no processo de tomar decisões visando os horizontes de planejamento do novo plano de curto prazo e de médio prazo. Estas decisões envolvem os recursos disponíveis e a serem comprados ou contratados, os prazos estabelecidos no plano tático, e a distribuição das equipes e equipamentos.

A avaliação da eficiência do processo mede o grau de cumprimento das atividades do plano de curto prazo (PPC - Percentual de Tarefas Programadas Concluídas) e o grau de programação das atividades do plano de médio prazo no plano de curto prazo (PAP - Percentual de Atividades Programadas) em relação ao plano de médio prazo.

Os objetivos do sistema de informações de programação desenvolvido são atender ao ciclo de planejamento descrito acima na fase do canteiro de obras, e permitir pela análise das informações a tomada de decisões pela equipe de administração da obra. Desta forma, o sistema não pode se resumir aos planos, ordens, controle e avaliações. A visualização das informações é um ponto importante na tomada de decisões. Neste trabalho foram exploradas várias formas de apresentação gráfica para uso no canteiro e no escritório da obra, tais como Quadro de Programação, Quadro de Controle, Cronograma de Barras por Pavimentos, Planilha de Programação por Pavimento, Planilha de Programação Semanal, todas procurando atender ao administrador da obra, bem como, ao pessoal de produção.

CAPÍTULO 3

3. A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO

Neste capítulo é apresentada a técnica de Linha de Balanço, apropriada para uso em construções com tarefas repetitivas, como edifícios de múltiplos pavimentos. As duas formas de programação com Linha de Balanço, paralela e não paralela, são discutidas. A metodologia de aplicação da Linha de Balanço, voltada à programação não paralela, utilizada neste trabalho, é apresentada e também as formas de apresentação da Linha de Balanço.

3.1. PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS REPETITIVOS

A construção de edifícios de múltiplos pavimentos envolve muitas tarefas repetitivas, configurando o que se conhece por projetos de construção repetitivos ou lineares. Alguns outros exemplos de projetos de construção lineares incluem conjuntos habitacionais de residências ou apartamentos, túneis, estradas, obras de redes de água ou esgoto. As unidades de construção repetitivas nestes casos podem ser expressas em termos de casas ou prédios, anéis, seções, e juntas, e para edifícios altos teríamos os pavimentos ou os apartamentos. Cada uma destas unidades de repetição pode ser então desmembrada numa seqüência de processos que serão repetidos em cada unidade do projeto. Por exemplo, a seqüência de processos para um edifícios de múltiplos pavimentos pode incluir levantamento da estrutura, fechamento, revestimento das paredes, colocação de esquadrias, e pintura.

A natureza repetitiva e a necessidade do aumento de produtividade de projetos de construção lineares em conjunto com ênfase da indústria da construção na padronização de processos e modularização de componentes ao longo dos últimos anos tem impulsionado o desenvolvimento de várias técnicas e estratégias de planejamento para estes tipos de projetos tanto a nível macro (estratégico) como a nível micro (operacional). No nível macro os gerentes do empreendimento e engenheiros de planejamento estão principalmente interessados com a organização do projeto, seqüência de atividades e controle. No nível micro os administradores de obra, engenheiros e mestres estão atentos aos passos necessários para completar as atividades que foram programadas para completar cada unidade.

As técnicas de programação para atividades repetitivas ou seqüenciais baseadas na Linha de Balanço usam o conceito de curvas de produção ou linhas de fluxo. Curvas de produção para os processos envolvendo a execução da superestrutura e paredes de fechamento de um edifício de múltiplos pavimentos estão representadas na Figura 3-1. A inclinação de cada curva de produção fornece o ritmo de produção para cada um dos processos repetitivos em termos de pavimentos por mês. As curvas de produção também fornecem as durações de cada processo repetitivo assim como a duração total do projeto.

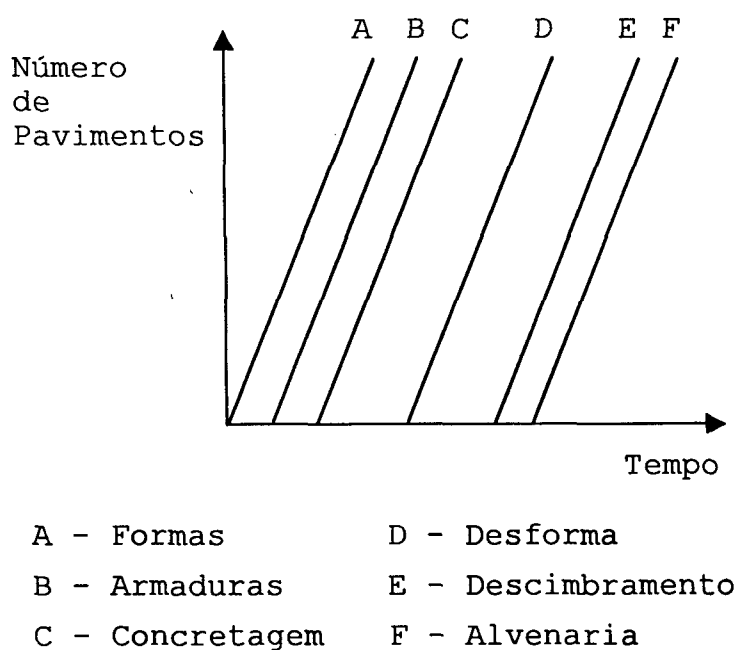


Figura 3-1- Curvas de produção típicas para processos repetitivos

Os projetos de construção repetitivos usualmente apresentam processos com diferentes ritmos de produção, sendo bastante comum na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. O desbalanceamento de ritmos de produção ocorre quando a curva de produção de um processo intercepta a curva de um ou mais processos posteriores por causa da diferença de inclinação e abertura no tempo (*buffer*) insuficiente entre as datas de início dos processos. Um exemplo deste fenômeno para os processos da Figura 3-1 está apresentado na Figura 3-2. Nesta figura, pode ser observado, por exemplo, que o processo B inicia com um ritmo de produção mais rápido (inclinação maior) do que o processo A. Porém, quando o processo B intercepta o

processo A, num determinado pavimento, o seu ritmo de produção deve ser alterado, como se observa na figura, ou o processo ser interrompido. Quando não existe continuidade de uma linha de produção, caracterizado por uma quebra (mudança no ritmo), é sinal de desequilíbrio desta atividade.

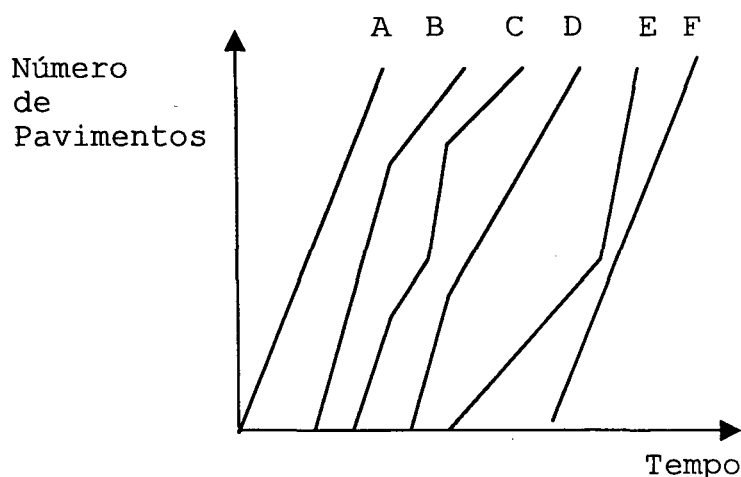


Figura 3-2 - Curvas de produção para processos repetitivos não balanceadas

Este desequilíbrio ou desbalanceamento potencialmente pode afetar negativamente a performance do projeto causando paradas nas tarefas, utilização ineficiente das equipes e equipamentos, e custos excessivos. A programação de atividades em projetos repetitivos procura balancear os ritmos de produção e, assim, utilizar melhor os recursos. Na construção de edifícios usualmente não se tem este balanceamento realizado para todos os processos de uma só vez. O que ocorre é a divisão do projeto em fases construtivas distintas (sub-sistemas), criando-se mais facilidade para o balanceamento dos ritmos.

O planejamento de projetos de construção repetitivos deveria ser realizado em dois níveis - ao nível de projeto (estratégico) e ao nível de processo. O planejamento a nível de projeto atenderia a questões como a duração do projeto, ritmos de produção das unidades repetitivas nas diversas fases construtivas do projeto e fluxo financeiro, entre outras. O planejamento a nível de processo detalharia as questões da fabricação e produção de cada processo individual, a seqüência apropriada dos

processos, e o ritmo de produção do sistema de processos como um todo (ou um sub-sistema deste) em termos de unidades repetitivas por unidade de tempo.

De acordo com ARDITI (1986), os quatro objetivos principais do planejamento e controle de processos repetitivos são:

1. garantir que unidades completas estejam prontas como requerido;
2. manter os ritmos desejados de produção;
3. balancear os recursos humanos e de equipamentos ao longo do projeto;
4. atingir ao máximo a redução potencial de custos de unidades de construção repetitivas.

No escopo deste trabalho, para o planejamento da construção de edifícios de múltiplos pavimentos, apenas o primeiro objetivo precisa ser ligeiramente modificado para: garantir que os processos sejam completados nas unidades como requerido. Isto por que as unidades repetitivas, sejam pavimentos, apartamentos ou cômodos, somente ficarão prontas na última fase da obra, e num intervalo de tempo bem mais longo que em outros tipos de projetos repetitivos. Assim considera-se que o objetivo é concluir os processos ou grupos de processos (sub-sistemas ou fases construtivas) dentro dos prazos e condições de qualidade e terminalidade desejados.

3.2. A TÉCNICA DE LINHA DE BALANÇO

A Linha de Balanço conceitual para um processo foi apresentada na Figura 3.1. Como mostrado na figura, a Linha de Balanço é nada mais que um diagrama quantidade-tempo (i.e., uma curva de produção) para todo o processo. Num determinado instante de tempo T haverá uma quantidade Q de unidades concluídas. A técnica da Linha de Balanço enfatiza a conclusão requerida de unidades completas (p.ex. pavimentos, seções, casas, etc.) e está baseada num conhecimento de como muitos processos de um certo tipo devem ser concluídos num certo momento para atender a conclusão programada das unidades. O número de unidades de produção concluídas num certo instante será referida como a quantidade de produção. Estes processos devem ser balanceados num certo ritmo que garanta a conclusão em

seqüência das unidades, caracterizando a fila de balanceamento⁴ requerida. Esta fila é determinada a partir do ritmo de fornecimento dos materiais, componentes, e processos concluídos que são necessários para a produção de unidades completas. Como estes ritmos são assumidos como sendo lineares, então uma relação linear existe entre a quantidade de Linha de Balanço e o tempo (LUMSDEN, 1968).

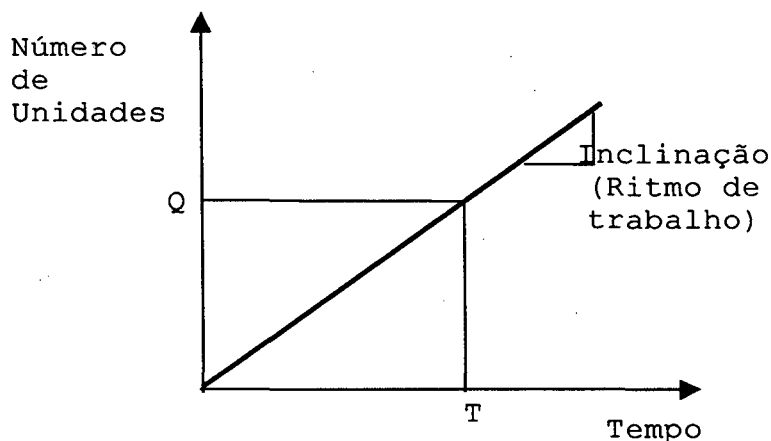


Figura 3-3- Linha de Balanço conceitual para um processo.

O ritmo de produção para um processo pode ser determinado de sua inclinação, como indicado na Figura 3-3 e expresso em termos de unidades por unidade de tempo (casas por mês), ou inversamente em unidades de tempo por unidade de produção (semanas por pavimento).

Linhas de Balanço típicas para dois processos consecutivos estão mostradas Figura 3-4. Como definido acima, as curvas de produção para os processos A e B estão traçadas em termos de números de unidades (postos de trabalho) em função do tempo. As unidades no diagrama representam o número acumulado de unidades de produção - p. ex., número de pavimentos, casas, etc. - completados num certo tempo. A distância horizontal entre curvas de produção de dois processos consecutivos numa determinada unidade representa um tempo de abertura (*time buffer*) ou defasagem naquela unidade. A distância vertical entre curvas de produção de dois processos consecutivos num determinado instante representa uma espera (*stage buffer*)

⁴ Line of balance, fila ou linha de balanceamento. O termo Linha de Balanço, embora erroneamente utilizado, foi mantido neste trabalho por ser mais conhecido.

naquele instante - isto é, número de unidades na fila entre processos, aguardando o início das tarefas.

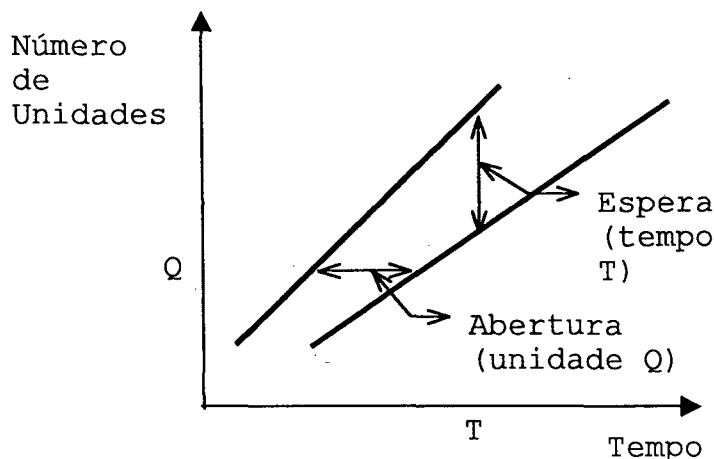


Figura 3-4 - Curvas de produção de processos (LUTZ, 1990)

Um dos grandes benefícios da técnica de Linha de Balanço é que esta fornece ritmos de produção e informações de duração em forma gráfica de fácil interpretação. O Gráfico da Linha de Balanço para uma construção repetitiva pode ser facilmente construída e então mostrar rapidamente o que está errado no andamento do projeto, e detectar possíveis gargalos futuros. O Gráfico de Linhas de Balanço pode ser facilmente comparado com o conhecido Diagrama de Barras ou Gráfico de Gantt como está mostrado na Figura 3-5.

No Diagrama de Barras, na Figura 3-5 (a), o eixo vertical apresenta as atividades, cada barra representando uma atividade, e o eixo horizontal apresenta a escala do tempo. Já no Gráfico de Linhas de balanço, na Figura 3-5 (b), o eixo vertical apresenta as unidades repetitivas, p. ex., pavimentos, e cada barra continua representando uma atividade. Desta forma cada barra deve ter uma inclinação que indicará o seu ritmo de execução ao longo das unidades repetitivas.

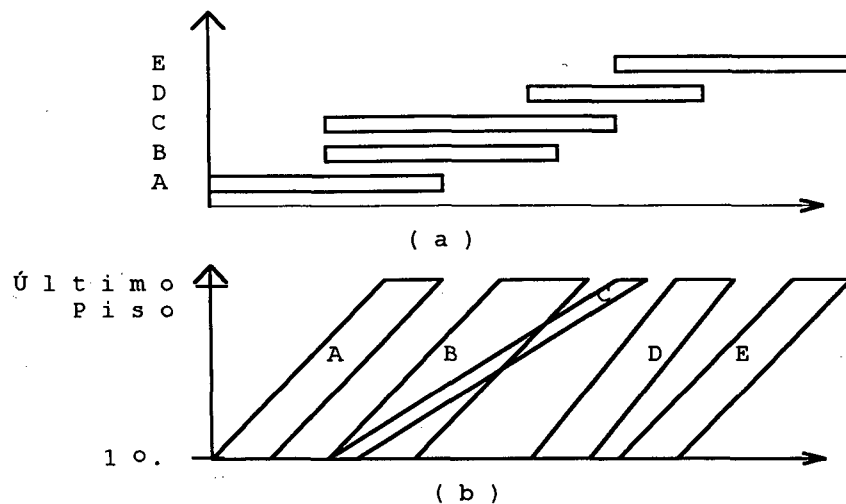


Figura 3-5 - Diagrama de Gantt x Linha de Balanço

Apresentando o Gráfico de Linhas de balanço numa escala menor, como na Figura 3-6, pode-se representar a duração da atividade em cada unidade repetitiva, onde agora cada barra ou célula indica a execução da atividade numa determinada unidade de repetitiva. Na parte interna de cada barra pode ser indicada a equipe que executará a tarefa. Esta representação mais detalhada responde a algumas das principais questões da programação de um projeto:

Quem? A equipe indicada na célula

O quê? A atividade representada pela Linha de Balanço

Quando? O instante de tempo T no eixo horizontal do diagrama

Onde? A unidade Q no eixo vertical do diagrama

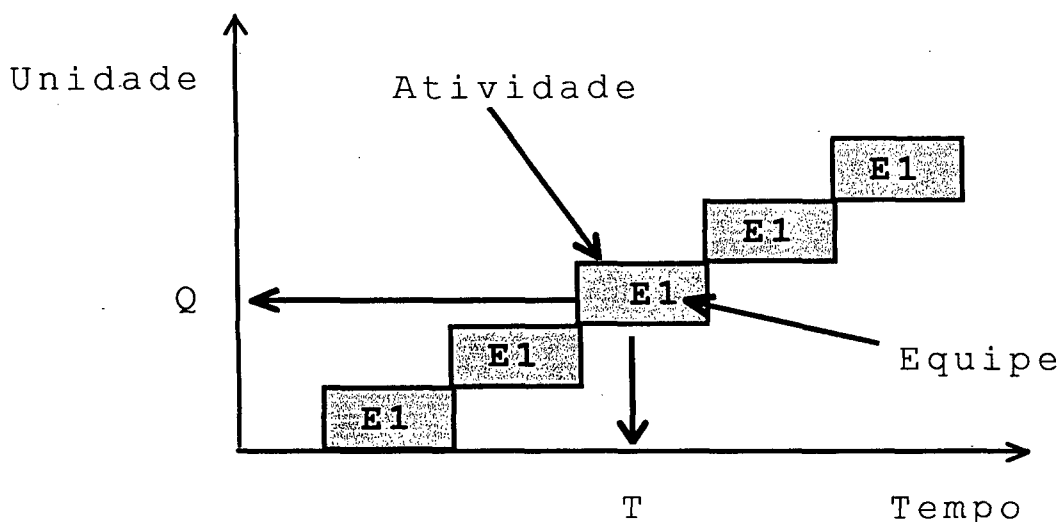


Figura 3-6 - Informações do Diagrama da Linha de Balanço (BRANDÃO, GUCH e PAZ, 1995)

3.3. BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES

O objetivo do balanceamento é executar todas as atividades continuamente sem interferências. A simulação das curvas de produção de todo o sistema de processos de um projeto acarretará em interferências de algumas atividades em outras. Desta forma uma análise destas interferências e de todo o conjunto de processos - ou de um sub-conjunto destes - se faz necessária.

Tomem-se por exemplo as linhas de balanço das atividades mostradas na Figura 3-7 (a). Se todos estas atividades pudessem ser executadas sem levar em conta as interferências entre si este Gráfico de Linha de Balanço estaria correto, resultando na duração T_1 para o projeto. Porém se considerarmos que as atividades não podem ter interferências, isto é, suas curvas de produção não podem se cruzar, e que devem ser executadas seqüencialmente (A-B-C-D) em cada unidade repetitiva, a execução real destas atividades resultaria num gráfico como o da Figura 3-7 (b) com uma duração para o projeto T_2 maior que T_1 . Neste gráfico as linhas de atividades com ritmo mais lento são interrompidas, e a atividade retomada num instante de tempo mais adiante.

Pode-se observar na Figura 3-7 (b) que a atividade B é o gargalo do sistema, fazendo com que as atividades C e D sejam retardadas, criando aberturas (tempo ocioso) após a sua execução.

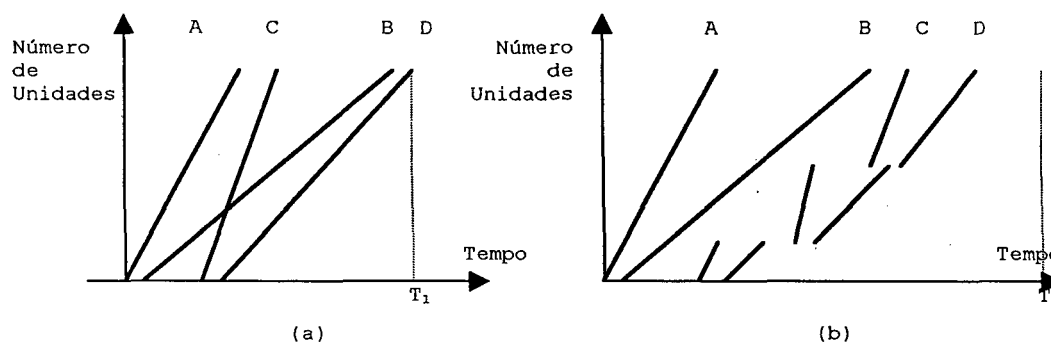


Figura 3-7 - Linha de Balanço das atividades (a) teóricas e (b) simulação real (atividades na seqüência A-B-C-D)

Uma fila de escoteiros em caminhada morro acima é uma boa analogia para descrever o impacto de curvas com baixos ritmos de produção (gargalos) causa no sistema de produção com um todo (GOLDRATT, 1993). Nesta fila um escoteiro tem que se guiar pelo que vai a sua frente e não pode ultrapassá-lo. Se os primeiros escoteiros seguirem num ritmo normal ou mais acelerado poderão realizar a subida num prazo curto. Mas se no meio da fila algum escoteiro não puder acompanhar o ritmo do seu companheiro á frente ele irá se distanciar, criando uma abertura no percurso. Ele irá segurar os que vêm atrás de si, pois todos os que vêm atrás forçosamente terão que seguir o ritmo deste escoteiro mais lento. A baixa performance deste escoteiro irá afetar todo o grupo. Se o objetivo é fazer com que todo o grupo caminhe próximo uns dos outros, pode-se diminuir o ritmo dos que vão mais a frente, aproximando-o do escoteiro mais lento, ou ainda colocá-lo como primeiro da fila. Mas se o objetivo é fazer com que o grupo chegue o quanto antes ao topo do morro, a única solução é ver as causas que estão fazendo este escoteiro caminhar lentamente. Pode ser que sua mochila tenha excesso de carga, que pode ser redistribuída entre os demais, melhorando seu desempenho.

Estas duas soluções podem ser comparadas na metodologia da Linha de Balanço com a programação paralela e programação natural, não paralela, também chamada de programação de recursos. Na programação paralela todas as atividades

têm ritmos de produção muito próximos, com tempos de abertura nas unidades repetitivas reduzidos, e aparentemente com menores perdas com recursos (equipamentos e pessoal). No entanto, para algumas atividades haverá uma espera entre a conclusão em uma unidade e o início na unidade seguinte, aguardando que a atividade anterior seja concluída.

Para o exemplo da Figura 3-7, a solução com programação paralela podem incluir as mostradas na Figura 3.8. Na solução (a) o ritmo da atividade B foi acelerado, ficando próximo ao da atividade A, e na solução (b) o ritmos das outras atividades foi reduzido para próximo ao da atividade B. A decisão sobre a melhor solução a se adotar, usualmente, não leva em conta apenas a duração total das atividades, mas também a disponibilidade de recursos.

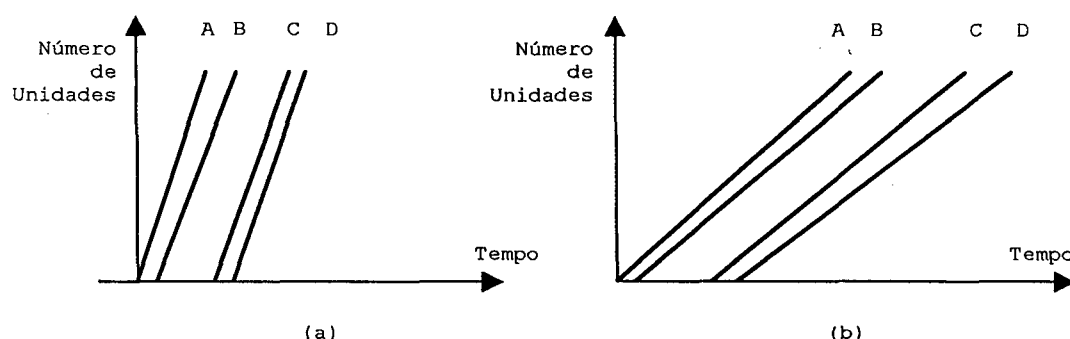


Figura 3-8 - Balanceamento das atividades com a programação paralela.

Já para uma programação não paralela mantém-se os ritmos de cada atividade, alterando-se o início das atividades que vêm logo após uma atividade gargalo, como na solução da Figura 3.9 (a). Com isto, a duração total das atividades será aumentada e será modificada a distribuição das equipes ao longo da execução da obra. Outras soluções podem ser necessárias, visando diminuir a duração total das atividades e melhorar a distribuição das equipes na obra evitando-se picos ou períodos sem tarefas para uma determinada equipe executar. Estas soluções podem incluir: modificar o ritmo das atividades gargalo para diminuir os tempos de abertura provocados por estas atividades; ou criar interrupções em atividades com ritmos muito acelerados permitindo que outras atividades possam ser iniciadas antes, como mostra a Figura 3.9 (b).

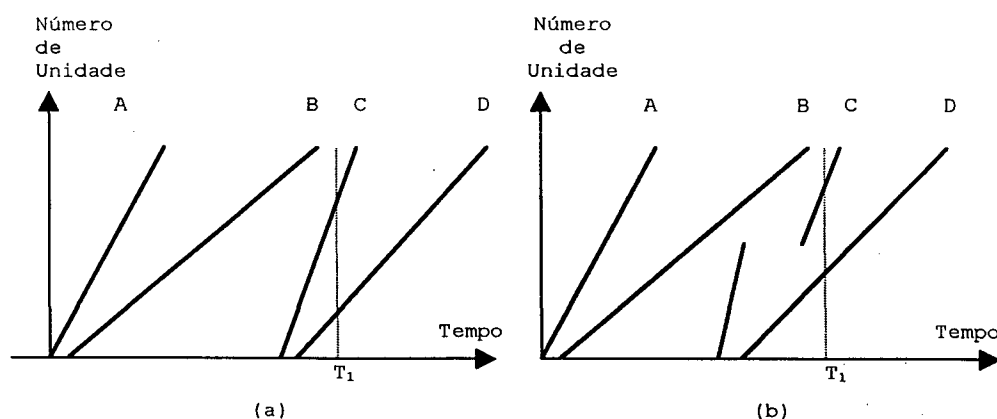


Figura 3-9 - Programação não balanceada (a) com tempo de espera (*buffer*) (b) com interrupção da execução.

Observando-se as Figuras 3-8 e 3-9 pode-se concluir que:

1. o tempo médio de execução de uma unidade repetitiva na programação paralela é o menor possível e praticamente constante, não variando com o ritmo de produção adotado, nem com o número de unidades do projeto. No exemplo das Figuras 3-8 o tempo de execução de uma unidade é medido da atividade A até a atividade D;
2. na programação não paralela o tempo de execução médio de uma unidade repetitiva é bem maior, e varia com o ritmo de produção das atividades e com o número de unidades. Na Figura 3.9 (a), por exemplo, se o ritmo da atividade B for reduzido o tempo de execução médio das unidades irá se reduzir;
3. na programação paralela o período de utilização das equipes é mais uniforme, seguindo a forma trapezoidal, como mostra a Figura 3-10 (a). Na programação não paralela, a distribuição é mais irregular, como mostra a Figura 3-10 (b);
4. os desvios da programação são mais significativos na programação paralela, pois na programação não paralela as aberturas (*buffers*) entre as atividades permitem correções de ritmo de produção sem interferências com as atividades sucessoras. Na figura 3-9 (a), por

exemplo, a atividade A tem uma folga no seu término em relação à atividade B que permitiria atrasos ou interrupções na sua execução. Já a atividade B tem alguma folga até aproximadamente a metade das unidades, mas se tiver atraso na conclusão das últimas unidades, então irá provocar interferência com a atividade C.

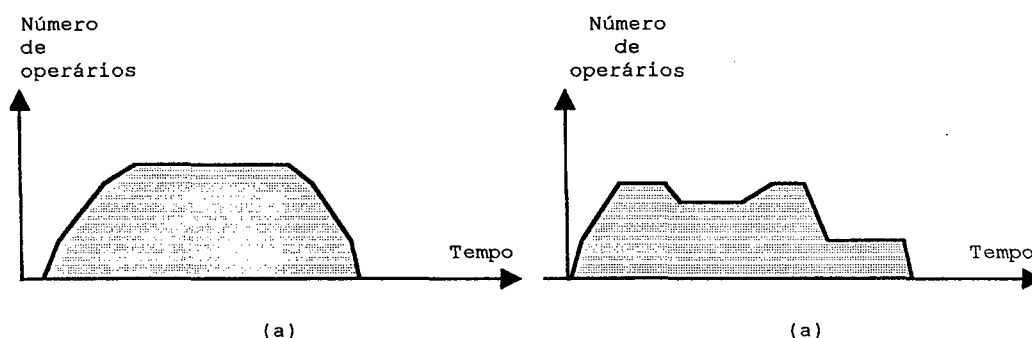


Figura 3-10 - Distribuição dos recursos (a) programação paralela (b) programação não paralela.

A programação paralela pode ser aplicada em projetos com um grande número de repetições, tais como conjuntos habitacionais, onde um único ritmo de produção pode ser aplicado para a maioria das atividades. Na construção de edifícios as atividades podem ser parcialmente balanceadas, isto é, aplicada a grupos de atividades. No processo convencional de execução de edifícios - estrutura de concreto armado, fechamento em alvenaria, e execução dos revestimentos descendo a fachada - a programação de toda a obra é uma programação não balanceada, e a programação paralela pode ser facilmente utilizada para algumas das fases de construção. Por outro lado, com a redução dos prazos de execução e conseqüente mudança nos processos construtivos, com maior padronização e montagem prévia de partes do projeto, haverá uma tendência à programação paralela.

LUMSDEN (1968) apresenta diversos exemplos comparativos de programação paralela e programação não paralela, apresentando a forma de cálculo das necessidades de recursos (pessoal) e o acompanhamento da execução. Outros exemplos também são apresentados por MADERS (1987). MAZIERO (1990) apresenta um estudo detalhado de várias configurações da rede lógica de seqüência das

atividades para quatro estudos de casos utilizando a programação paralela. A autora compara as diversas programações em termos de recursos improdutivos, o tempo de espera de cada equipe na programação.

Neste trabalho constatou-se que a programação não paralela está mais próxima da realidade de execução de edifícios de uma ou duas torres com até 25 pavimentos. Entre as características da construção de edifícios tem-se que o número de repetições não é grande, a maior parte das atividades são executadas por uma única equipe (ritmo natural), a composição desta equipe não varia muito ao longo da sua permanência na obra, as equipes realizam vários serviços na obra, seqüencialmente ou em paralelo.

Pode-se observar que este processo de balanceamento das atividades tem algumas similaridades com o nivelamento de recursos numa rede (CPM), onde as atividades tem sua execução deslocada no tempo dentro da folga calculada. A diferença principal é que na Linha de Balanço trabalha-se graficamente com o ritmo de produção, que também pode ser modificado, e a continuidade dos serviços pode ser mantida ou interrompida conforme decisão do planejador. No nivelamento numa rede a duração é mantida constante, e a rede não apresenta informações que mostrem se defasagem inicial inserida mantém a continuidade dos serviços.

Concluindo, o balanceamento das atividades na programação procura modular a execução, sugerindo a especialização na execução das tarefas, e assim organizadas, induzem a diversos benefícios: mais rapidez na execução de uma atividade, mais clareza nas tarefas que se executam, maior garantia na conclusão (terminalidade). Tais benefícios são observados em várias obras, no entanto, não são obtidos sistematicamente, como pode ser conseguido com a aplicação do balanceamento na programação.

3.4. METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

Cada passo na aplicação da metodologia da Linha de Balanço está ligado à tomada de decisões táticas ou operacionais que originam dos principais fatores intervenientes na programação da construção. Estas variáveis são:

- unidade de repetição;
- atividades programadas;
- rede de precedências das atividades;
- tamanho das equipes;
- duração das atividades num pavimento típico;
- número de equipes na atividade;
- sentido de execução;
- prazo da obra.

Para a aplicação da técnica de Linha de Balanço, assim como em outros métodos de programação de obra baseados na produtividade, é necessário conhecer, para cada atividade:

- Quantidades de serviço a executar;
- Produtividade das equipes;

Estas informações serão necessárias para se obter a demanda de pessoal requerida para executar cada tarefa, que é a base da distribuição dos recursos a ser realizada na programação da construção.

Desde a década de sessenta inúmeros pesquisadores têm proposto metodologias de programação utilizando de alguma forma os conceitos de balanceamento⁵. Na bibliografia nacional alguns trabalhos apresentam com exemplos teóricos ou práticos a metodologia de aplicação da técnica de Linha de Balanço

⁵ Um resumo destas metodologias, das técnicas de programação empregadas e das aplicações apresentadas encontra-se no Anexo A.

(MADERS, 1987; SCOMAZZON, 1985; MAZIERO, 1990). Em todos estes trabalhos os procedimentos de cálculo consideram a programação paralela, isto é, o ponto chave é a determinação de um único ritmo de conclusão das unidades (como na Figura 3-11), e a partir deste calcula-se o número de equipes para a execução de cada atividade no ritmo adotado.

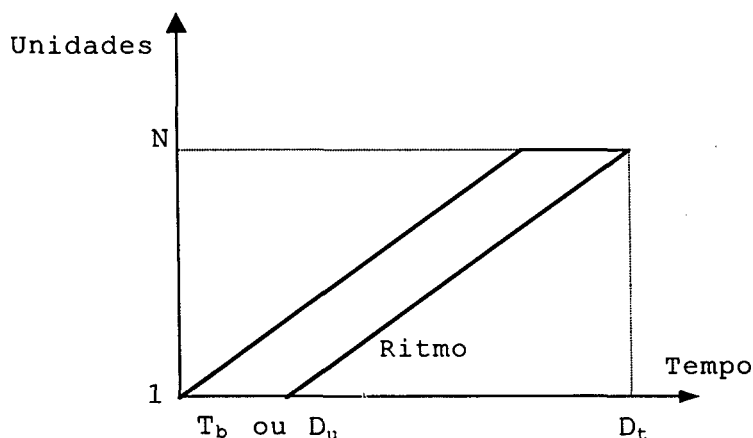


Figura 3-11 - Ritmo de produção para conclusão das atividades no prazo estabelecido.

Considerando-se a figura 3.11, tem-se:

D_t: Duração total, é o prazo para execução das atividades repetitivas nas unidades. Este prazo é obtido descontando-se do prazo total da obra, o tempo para a execução das atividades não repetitivas, tais como, serviços preliminares e fundações;

T_b ou D_u: Tempo de base ou Duração unitária, é a duração das atividades numa unidade. Este prazo é obtido considerando-se a execução de cada atividade numa única unidade segundo uma seqüência lógica definida pela rede de precedências;

N: Número de unidades.

Então, o Ritmo de conclusão, R , em dias por unidade, será calculado pela fórmula 3.1:

$$R = \frac{D_t - T_b}{(N - 1)} \quad (3.1)$$

O número de equipes necessárias para a execução de uma atividade, tendo-se estabelecido o tamanho da equipe e a duração na unidade, D_u , é obtido por

$$N_e = \frac{D_u}{R} \quad (3.2)$$

Como o número de equipes deve ser inteiro, deve-se arredondar o resultado da equação 3.2 para o primeiro inteiro acima.

Se tivéssemos uma única equipe executando a atividade, o ritmo da atividade, em dias por unidade, seria igual à sua duração unitária (D_u). A este ritmo chamamos de Ritmo Natural. Quando o Ritmo Natural não é múltiplo do Ritmo haverá uma ociosidade no trabalho da equipe, causado pela espera entre a conclusão de uma unidade e início da próxima (LUMSDEN, 1968; MAZIERO, 1990).

Na programação não paralela os ritmos serão balanceados parcialmente, não existindo a necessidade de se determinar um único ritmo de conclusão das unidades. Assim, a metodologia adotada neste trabalho considera esta hipótese, e portanto não utiliza as equações 3.1 e 3.2, mas sim os Ritmos Naturais das atividades e a programação é realizada considerando-se as relações entre os ritmos de atividades sucessivas para realizar o balanceamento.

As etapas de aplicação da técnica de Linha de Balanço estão representadas no fluxograma da figura 3-12.

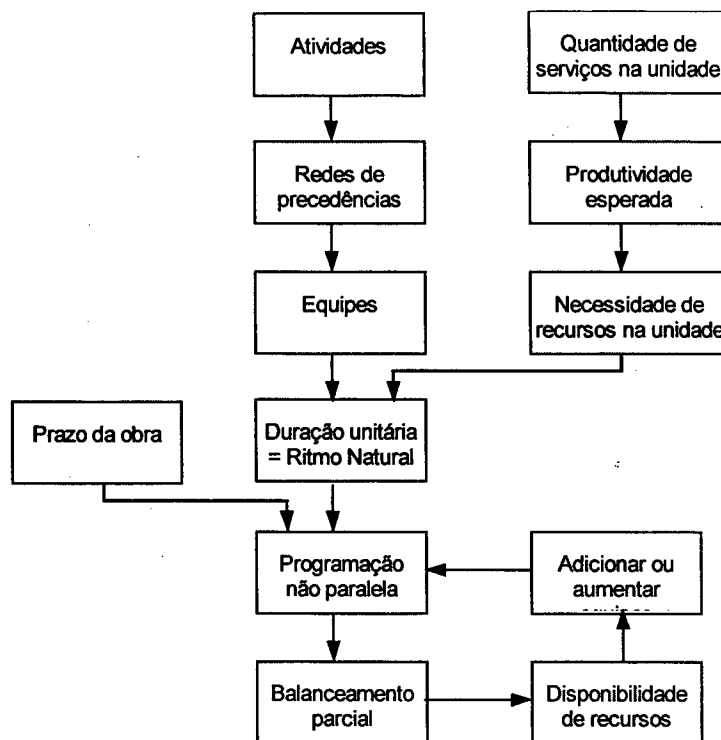


Figura 3-12 - Fluxograma de aplicação da técnica de Linha de Balanço (programação não paralela)

3.5. CONCLUSÃO

Neste capítulo foi apresentada a técnica de Linha de Balanço para programação de projetos repetitivos. A vantagem da aplicação da Linha de Balanço em projetos de construção repetitiva é o seu uso para prever ou analisar facilmente o ritmo de qualquer processo, seja de produção, de montagem ou fornecimento.

A programação com a Linha de Balanço pode ser paralela, com um único ritmo de execução das atividades definindo o ritmo de conclusão das unidades. E pode ser não paralela, ou não balanceada, onde os ritmos naturais das atividades são em grande parte mantidos, e o balanceamento dos ritmos é parcial, isto é, para alguns grupos de atividades.

Uma limitação da técnica de Linha de Balanço é que esta assume que a produção das unidades é linear, isto é, num ritmo de produção constante ao longo do tempo. Devido a natureza aleatória dos processos de construção (HALPIN, 1976) e ao efeito aprendido observado com a execução repetida da mesma tarefa, a hipótese de

ritmos de produção lineares pode ser errada. Técnicas analíticas e de simulação podem ser utilizadas para contornar este problema (LUTZ, 1990).

Outra limitação da metodologia de Linha de Balanço é não ser totalmente adequada para programação em computadores (LUTZ, 1990; COLE, 1991). Os diversos modelos computacionais propostos para sua solução impõem algum tipo de limitação no uso da metodologia. Adicionalmente, o objetivo de muitas destas técnicas baseadas no conceito de Linha de Balanço é a redução da duração do projeto com pouca ou nenhuma atenção aos custos do projeto (LUTZ, 1990).

Apesar das várias aplicações descritas na bibliografia o uso corrente da metodologia Linha de Balanço ainda é muito reduzido. As técnicas de rede foram mais facilmente computadorizadas e programas de computador baseados nestas técnicas se tornaram mais populares principalmente com o surgimento dos microcomputadores mais acessíveis. Programas de computador para gerenciamento de projetos baseados em técnicas de rede estão entre os mais vendidos no mundo e recebem investimentos de grandes fabricantes de programas. Por outro lado praticamente não existem programas comerciais baseados na metodologia Linha de Balanço. Não se tem nenhuma pesquisa recente sobre o conhecimento e uso da Linha de Balanço. No Brasil pode-se afirmar que a técnica ainda é desconhecida da maior parte dos engenheiros, e este trabalho, ao lado de outros autores nacionais, vem contribuir para a sua disseminação.

CAPÍTULO 4

4. O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a descrição do desenvolvimento da pesquisa e as suas principais etapas. Esta pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa no sentido mais restrito da técnica de coleta e análise dos dados utilizados para o seu desenvolvimento (DE ANDRÉ, 1995) e a pesquisa-ação no sentido de pesquisa com base empírica concebida e realizada em estreita associação com uma ação, na qual o pesquisador e participantes da situação estão envolvidos de modo cooperativo e participativo (THIOLLENT, 1985, apud GIL, 1991, p. 60). O processo de pesquisa-ação envolve um plano de ação, plano esse que se baseia em objetivos, em um processo de acompanhamento e controle da ação planejada e no relato concomitante desse processo (DE ANDRÉ, 1995, p. 31). Muitas vezes esse tipo de pesquisa recebe o nome de intervenção, o qual será usado no restante do trabalho.

Alguns traços essenciais no processo de intervenção são: análise, coleta de dados, conceituação do problema, planejamento da ação, execução e nova coleta de dados para avaliá-la. É dentro dessa orientação que COREY (1953, apud DE ANDRÉ, 1995, p. 31) caracteriza como o processo pelo qual os práticos objetivam estudar cientificamente seus problemas de modo a orientar, corrigir e avaliar suas ações e decisões. Este processo já foi chamado de investigação-ação (*action-research*) e o autor considerou bastante adequado aos objetivos do trabalho e ao momento por que passam as pesquisas e inovações na indústria da construção civil.

O desenvolvimento desta pesquisa seguiu as etapas apresentadas no diagrama da Figura 4-1. A análise, coleta de dados e conceituação dos problemas foi realizada na etapa coleta de informação.

A fase inicial de orientação foi desenvolvida durante os primeiros anos da pesquisa (1995-1997). Uma série de assuntos relativos a planejamento e programação de obras foram revistos procurando desde o início focar a atenção nas necessidades do engenheiro no canteiro de obras. Uma porção significativa do tempo foi despendida no

estudo das abordagens de controle de produção em uso na indústria em geral e na indústria da construção e nas novas metodologias de controle de produção (WOMACK e JONES, 1996; MELLES e WAMELINK, 1993; KOSKELA, 1992). As referências sobre a metodologia da construção enxuta que procuram trazer para a indústria da construção o que se vem desenvolvendo para os demais tipos de indústria de produção foram analisadas nesta fase. A primeira parte desta fase envolveu o estudo das técnicas propostas na literatura para a aplicação da metodologia de Linha de Balanço (LUMSDEN, 1968) bem como as técnicas de computação que poderiam ser utilizadas nos modelos já propostos. A partir deste estudo se iniciou a investigação preliminar da programação de atividades na fase de formulação do sistema.

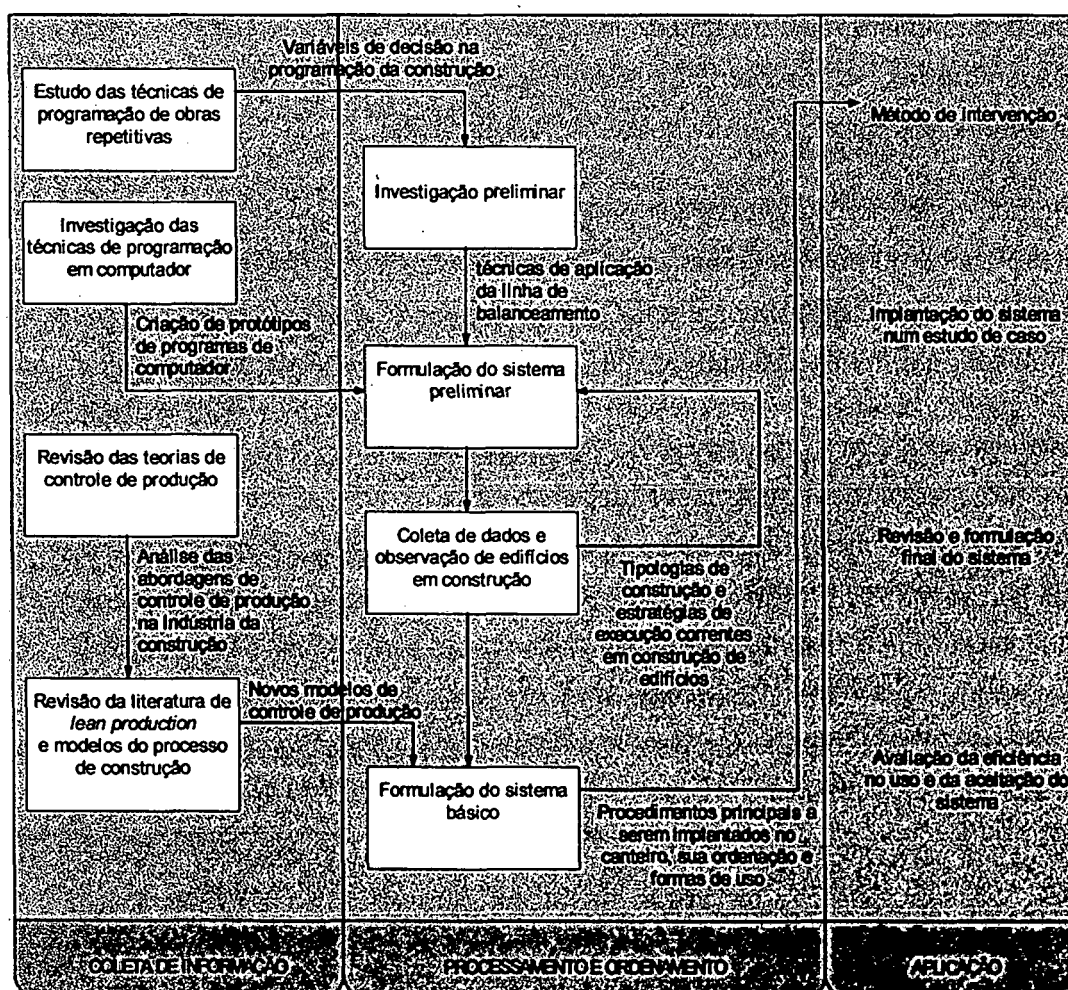


Figura 4-1 As fases do desenvolvimento da pesquisa

Na fase de processamento e ordenamento teve como principal objetivo formular um sistema de informações para atender aos objetivos propostos no trabalho, o que foi realizado a partir de uma investigação preliminar e levantamento de informações.

Na formulação do sistema foram levantadas todas as variáveis de decisão envolvidas com o processo de produção na construção de edifícios a partir de trabalhos publicados sobre programação com Linha de Balanço. Um sistema preliminar foi desenvolvido sendo analisada sua aplicabilidade a partir da coleta de dados e observação do processo de construção de vários edifícios na cidade de Florianópolis. O sistema preliminar abrangeu a programação tática ou de longo prazo de um edifício voltado ao uso do engenheiro no canteiro de obras. Esta fase foi desenvolvida de meados de 1996 até o final de 1997.

Após a conclusão deste sistema preliminar e a partir das análises realizadas nas teorias de controle de produção e construção enxuta foi desenvolvida a tipologia do controle de produção abrangendo também a programação de médio prazo e curto prazo e o gerenciamento de recursos. Este sistema foi batizado de SIPP - Sistema de Informações de Programação da Produção da construção. Este sistema foi desenvolvido ao longo de 1998 e encerrou a fase de formulação.

O suporte em computador para uso do sistema foi todo desenvolvido em planilhas a partir de um modelo computacional existente, o MIP - Modelo Integrado de Planejamento (MENDES JR, 1994), o qual foi adaptado e estendido para atender o sistema, principalmente na fase seguinte, com o uso no canteiro de obras.

Na fase de implantação um método de intervenção no canteiro de obras foi idealizado. Todos os procedimentos do sistema básico são implementados no canteiro de obras, mesmo que envolvendo entidades externas. O sistema foi implantado e avaliado em quatro meses de estudo num canteiro de um edifício de 21 pavimentos da construtora Irmãos Thá S/A (Curitiba, Paraná) durante os meses de novembro de 1998 e fevereiro de 1999. Durante esta implantação várias revisões foram realizadas procurando tornar o sistema o mais prático e simples possível.

A pesquisa foi desenvolvida levando em conta experiência acumulada pelo autor com análise e desenvolvimento de sistemas de informações para empresas de construção e com consultoria em gerenciamento de obras, que contribuiu para o conhecimento do fluxo dos processos de planejamento e o fortalecimento da idéia de que o ambiente de produção - o canteiro de obras - deve ser o foco das mudanças nos processos de planejamento e controle nas empresas de construção.

4.2. INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR

Nas diversas etapas de aplicação da Linha de Balanço várias decisões devem ser tomadas pelo planejador. De modo geral estas decisões envolvem considerações práticas sobre a atividade, tais como: Nível de detalhamento nas atividades da programação; Tamanho da equipe; Produtividade esperada; Ritmo a ser imposto, no que resulta no número de equipes simultâneas (em apartamentos ou pavimentos diferentes); Posicionamento em relação a outras atividades, traduzido pelo prazo de início da atividade no canteiro em relação a outras atividades; Sentido de execução; Tecnologias de construção empregadas, que influenciam as decisões anteriores.

Tabela 4-1 - Dados gerais dos empreendimentos

	Pavimentos Tipo			Prazo (dias)		
	Área	Num.	Apart.	Área Total	Total	Pavimentos
1	379,55	7	1	2656,85	435	277,5
2	250,00	12	4	3000,00	435	390
3	315,60	10	4	3156,00	390	315
4	600,30	24	6	14407,20	783	622
5	397,90	16	1	6366,40	652,5	471,5
5A					522	295
6	682,70	12	6	8192,40	625	415
7	375,00	12	8	4500,00	-	522
8	458,00	11	2	5038,00	570	473
9	320,00	25	1	8000,00	-	520

Com o objetivo de fornecer parâmetros que auxiliem o planejador e o gerente da obra nestas decisões coletamos informações básicas necessárias em várias programações realizadas em obras em execução. Estas programações foram realizadas por mestrandos do cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Civil da UFSC nos anos de 1994 a 1996. Todas as programações utilizaram a técnica da Linha de Balanço, porém não seguiram padrões em relação às principais decisões, seguindo na maioria das vezes as práticas correntes da empresa construtora e informações coletadas na obra. A Tabela 4.1 apresenta os dados gerais das obras programadas.

4.2.1. APLICAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

Três metodologias de aplicação da Linha de Balanço puderam ser observadas:

- a) agrupar as atividades em Fases Construtivas: mais interessante se o nível de detalhamento for alto (muitas atividades) e o prazo não for muito reduzido, o que permite colocar intervalos de tempo entre várias fases construtivas;
- b) programar todas as atividades seqüencialmente: pode ser usada com um número menor de atividades agrupando-as em pacotes de trabalho relacionados. Neste caso a maioria das atividades são programadas seqüencialmente e outras programadas separadamente, como os revestimentos externos. A programação seqüencial não é uma limitação pois na técnica da Linha de Balanço a seqüência pode ser considerada uma imposição no início da atividade. Na continuidade da execução das atividades o ritmo de produção é quem controla o seu andamento, e assim, os conflitos entre as atividades (precedências) nos demais pavimentos devem ser resolvidos em cada pavimento a medida que se vai programando;
- c) programar segundo uma rede de atividades iniciando pelo caminho crítico: procura integrar a Linha de Balanço com o PERT/CPM. Herdando conceitos do PERT/CPM uma atenção especial é dada às atividades do caminho crítico, determinado para uma rede no pavimento tipo. Sua aplicabilidade prática em edifícios deve ainda ser melhor demonstrada pois sabe-se que o gargalo na execução repetida das atividades não está no caminho crítico determinado para uma rede num único pavimento (SUHAIL e NEALE, 1994). Por outro lado esta metodologia atraiu vários pesquisadores pois permite automatizar a programação das atividades utilizando pacotes computacionais para redes PERT/CPM.

Dos casos analisados três programações utilizaram a separação em fases (metodologia 1), outras quatro usaram uma rede PERT/CPM mais complexa no

pavimento tipo ou no apartamento (metodologia 3) e as outras 6 usaram a programação seqüencial (metodologia 2).

4.2.2. INFORMAÇÕES PESQUISADAS

Na pesquisa realizada foram analisados as seguintes informações das programações de obra:

- Atividades programadas;
- Precedências entre as atividades;
- Quantidades de serviço a executar;
- Produtividade;
- Demanda de pessoal por área construída (Hh/m²);
- Demanda por função (hh/m²)
- Tamanho das equipes;
- Durações (no pavimento tipo);
- Número de equipes na atividade;
- Ritmo Natural de execução (dias/pavimento).
- Sentido de execução: atividades que são executadas descendo a torre
- Prazo da obra, Tempo de Base, Tempo de Ritmo e Ritmo teóricos.
- Cronograma de alocação da mão-de-obra, resultando da programação da Linha de Balanço.

4.2.3. ANÁLISE DOS DADOS

Foram identificadas 219 atividades diferentes nas programações. Um estudo da ocorrências destas atividades resultou numa relação com 66 atividades mais

usadas propondo um nível de detalhamento mais comum para programação prévia do edifício.

A análise das precedências mostra que pode-se adotar uma seqüência simples das atividades, com poucas em paralelo. As atividades paralelas de maior incidência foram:

- Instalações (hidráulica, elétrica, gás, incêndio e esgoto);
- Colocação de Azulejos e de Forros;
- Colocação de Esquadrias de Madeira e Alumínio;
- Vidros e Passagem da Fiação.

A programação das atividades de revestimento externo foi realizada separadamente, utilizando inclusive como unidade de repetição os panos de descida do jáu.

Algumas atividades são mais adequadamente executadas descendo a torre do edifício, como as de Revestimento Externo. Porém muitas construtoras tem a prática de executar outras atividades nesse sentido, o que ficou evidenciado em algumas das programações estudadas. Tiveram programação descendo a torre 42 atividades, sendo que 35 das 66 indicadas neste trabalho foram assim executadas em alguma das programações, com a média de incidência de 2,8 programações. Este último número indica que não há unanimidade neste procedimento, excetuando-se os Revestimentos Externos, a Limpeza (em 7 programações) e a Pintura Interna (6 programações). Algumas programações tiveram mais de 15 atividades executadas descendo a torre.

4.2.4. CONCLUSÕES

Destas programações constatou-se que a aplicação da Linha de Balanço em edifícios tem muitas características diferenciadas em relação à forma convencional da técnica (ritmo de construção único).

Como resultado da investigação obteve-se:

- as diretrizes para a aplicação da Linha de Balanço, indicadas aqui em três metodologias diferentes. Das programações destas obras pode-se concluir que a programação seqüencial (metodologia 2) é de aplicação mais simples; e

- dados básicos relativos às diversas decisões que o planejador deve tomar na programação e que em muitos casos tem relação direta com a prática de obra.

Estas informações foram utilizadas para desenvolver um modelo computacional em planilhas de computador para realizar a programação inicial de um empreendimento de forma simples e rápida.

4.3. FORMULAÇÃO DO SISTEMA PRELIMINAR

O sistema, ou sub-sistema, que este trabalho enfoca é o sistema de produção de uma construtora, ou mais especificamente o sub-sistema de produção de um empreendimento. A integração destes sub-sistemas de produção de cada empreendimento e os sub-sistemas de administração da empresa não são abordados. Considera-se que é necessário inicialmente organizar o sistema de produção do empreendimento e detectar as informações necessárias, as formas e o momento de uso e o nível de detalhamento, para numa etapa posterior partir-se para a integração no sistema de informações gerenciais da empresa.

4.3.1. INVESTIGAÇÃO DA EXECUÇÃO DA OBRA

Considerando a execução da construção de edifícios, e a característica de atividades repetitivas, esta etapa da investigação tem por objetivo verificar as variáveis de decisão envolvidas na programação deste tipo de obra, apresentados no capítulo 2.

Foi desenvolvido um método de coleta de dados para acompanhamento da execução das atividades, visando constatar principalmente:

- durações das atividades;
- ritmos de produção;
- tamanho e número de equipes de operários;

Esta coleta de dados foi aplicada em sete empreendimentos caracterizados na Tabela 4-5. Estas obras estavam em diversas fases de construção, e tinham prazos de entrega bastante diferenciados. Em função destes prazos de entrega e

dos recursos financeiros disponíveis, os ritmos de construção também eram bem diferentes.

Tabela 4-2 - Caracterização dos empreendimentos estudados

Empreendimento	Período (meses)	Pav. tipo	Torres	ap./ andar	área do pav. tipo
Tours de l'île	4	10	2	4	679,00
Orlando Becker	2	12	2	4	1.000,00
Solar de Cadiz	8	11	1	4	469,00
Maison de L'île	3	12	1	4	385,00
Burle Marx	2	6	2	10	860,00
Heitor Luz	5	12	1	4	
Beverly Boulevard	7	12	1	2	230,00
Newport Bus. & Res.	2	26	1	4	500,30

Os dados foram coletados semanalmente nos empreendimentos, pelo autor, ou pelo almoxarife da obra (em dois empreendimentos), usando as seguintes planilhas de dados:

- a) Planilha de acompanhamento das atividades, que permite anotar o local de trabalho (pavimento ou apartamento), e a equipe que executam determinada atividade numa data específica;
- b) Planilha de anotação de pessoal, que permite anotar o número de operários de cada função presentes no canteiro numa determinada data;

4.3.2. SIMULAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO

Juntamente com a coleta de dados e utilizando o modelo computacional desenvolvido na fase anterior foi realizada a simulação da estratégia de execução de dois empreendimentos que puderam ser acompanhados por um período maior. Esta simulação consistiu na programação tática com a técnica de Linha de Balanço e o acompanhamento da programação ao longo da execução da obra.

O primeiro empreendimento - Solar de Cádiz - foi acompanhado semanalmente durante oito meses, desde a fase de revestimento até a conclusão. A partir deste pode-se idealizar o sistema de informações básico e a metodologia de

aplicação da técnica de Linha de Balanço. Na fase final da obra não se realizou um acompanhamento detalhado das tarefas, o que foi realizado no segundo empreendimento.

Neste primeiro estudo verificou-se a possibilidade de utilizar o sistema de programação inicial desenvolvido, o qual foi então melhorado, principalmente na visualização da programação, e idealizados os procedimentos de acompanhamento da execução no mesmo sistema.

O segundo empreendimento - Heitor Luz - foi acompanhado durante os cinco meses finais da obra. Nos últimos três meses acompanhou-se semanalmente as tarefas executadas por todas as equipes na obra, juntamente com o engenheiro da obra. A ferramenta utilizada foi um "check-list" das tarefas, na forma de uma agenda de compromissos. Esta agenda era organizada por apartamentos e pavimentos, e utilizada em três etapas:

1. Elaboração da lista de tarefas para cada pavimento e os pavimentos de cobertura, térreo e subsolo, no início do mês. Esta lista era elaborada pelo engenheiro e o mestre-de-obras;
2. Verificação do andamento das tarefas a cada semana. Foram feitas em média duas visitas por semana, onde o pesquisador supervisionava todos os pavimentos;
3. Modificação da lista conforme a distribuição das equipes e as entregas dos materiais. Esta modificação geralmente incluía mudança de datas, inclusão de tarefas, e adiamento de tarefas para o mês seguinte.

A partir deste estudo idealizou-se a parte de programação de curto prazo do sistema de informações, usando também planilhas em computador.

4.4. MEDIDAS DE INTERVENÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO NO CANTEIRO

Concluída esta etapa de criação de um sistema de informações de programação a partir das investigações em empreendimentos em execução, é iniciado o estudo para a próxima fase da pesquisa - a intervenção na programação de produção no canteiro de obras.

O empreendimento a ser estudado deve ser cuidadosamente estudado. A intervenção irá ocorrer diretamente no canteiro durante a execução da obra. Para isso, todas as informações necessárias devem ser possíveis de serem obtidas. O pesquisador deve, então, estudar o sistema de administração e planejamento da empresa para verificar se estas informações existem. Por outro lado, o ritmo de produção da obra deve ser tal que permita avaliar a implantação do método, num determinado período de tempo, na maior quantidade possível de tipos de tarefas e formas de execução. Somente desta forma, o processo de intervenção poderá detectar os problemas existentes quanto a programação da produção e atuar para sua solução. Portanto, o objetivo da intervenção é encontrar no menor prazo possível de tempo as soluções para os problemas de programação da obra.

Para que isto seja viável, o pesquisador deve discutir com o gerente da obra as causas das deficiências na programação da produção e as possíveis conseqüências, o que pode ser feito nas reuniões de apresentação e elaboração de um plano de ação. O pesquisador deve, então, deixar bem claro suas propostas alternativas de solução. Em virtude da multiplicidade de aspectos que podem ser considerados, as propostas devem estar direcionadas para os problemas mais importantes e sobre os quais a intervenção pode surtir maior efeito, já que não se pode resolver todos os problemas ou, ao menos, todos ao mesmo tempo (POPESCU, 1976).

Os objetivos da implantação do sistema devem ser estabelecidos pela equipe, ou pelo gerente da obra, juntamente com o pesquisador o mais breve possível. Estes objetivos devem ser permanentemente avaliados e verificar se o rumo que o processo tem probabilidade de sucesso. A aceitação do sistema pela equipe e este sentimento de que o rumo está correto deve ser uma sensação constante em todos os participantes. POPESCU (1976) diz que o sucesso da implantação do novo sistema é altamente dependente do controle exercido pela equipe por ela responsável. Tendo em vista a mudança cultural gerada pela modificação no sistema de trabalho, a equipe pode

oferecer resistência à implantação. Assim o pesquisador necessita desempenhar dois papéis: o de controlador, exigindo a efetiva realização das atividades, e a de motivador, apresentado as vantagens que a aplicação pode trazer adiante e dispondo facilidades para uma mais suave transição entre o sistema atual e o novo (CARVALHO, 1998).

De modo a não prejudicar o processo de implantação, deve se tentar adequar os requisitos pretendidos pelo novo sistema e aqueles permitidos pela disponibilidade de equipamentos e pessoal já existente na empresa. No caso específico deste trabalho, o pesquisador tem condições de elaborar todo o processamento computacional fora da empresa, e atuar diretamente nas atividades de programação auxiliando a equipe administrativa da obra.

Analisando as características do sistema implantado, o processo de intervenção foi dividido em três fases:

1. Fase inicial e treinamento:

Todo o processo é realizado pelo pesquisador em conjunto com o engenheiro, o mestre, o técnico ou estagiário, e quando necessário os encarregados. A filosofia do treinamento é o “aprender fazendo”. Todas as questões, em relação à estratégia de execução, programação dos recursos e distribuição das equipes, devem ser levantadas pelo pesquisador, que deve ter experiência para se aprofundar na execução da obra e criar as discussões. Ao mesmo tempo, os procedimentos novos implantados devem ser no menor número possível para ter grande probabilidade de trazer resultados práticos para a obra. Duração estimada: 1 ou 2 meses;

2. Fase de implantação:

Nesta fase os demais procedimentos do sistema serão implantados. Se a fase anterior foi bem sucedida, a filosofia do sistema já foi percebida pela equipe, e o pesquisador terá mais um papel de acompanhamento e verificação de rumos. A fase de execução da obra é que irá demandar uma maior ou menor atividade da equipe. Duração estimada: 2 ou 3 meses;

3. Fase de conclusão e avaliação:

Se as fases anteriores obtiveram sucesso, o pesquisador já não estará atuando diretamente no uso do sistema, e a equipe poderá avaliar se o sistema continuará em uso permanente nas mesmas condições de eficiência. Nesta fase os

objetivos alcançados serão avaliados e a eficiência e aceitação do novo sistema mensurada. Duração estimada: 1 mês.

A metodologia de acompanhamento das informações de programação da produção no sistema proposto é através de reuniões semanais. Assim, o pesquisador deverá estar no canteiro pelo duas vezes por semana: uma primeira vez para participar das reuniões de programação; a segunda vez para apresentar para o coordenador da equipe (provavelmente o engenheiro gerente) os resultados do andamento e as avaliações da programação. No final da implantação o coordenador já deverá ter compreensão de todo o processo, e esta segunda visita a obra será utilizada apenas para verificar se a equipe tomou as providências estabelecidas pelos procedimentos do sistema. Uma terceira visita seria para fazer uma inspeção no andamento das atividades, quando achar necessário.

Considerando que a implantação do sistema ocorrerá enquanto as atividades de execução da obra estão avançando, é provável que com a mudança na tipologia dos serviços executados, e conseqüentemente na quantidade de recursos (materiais, equipamentos e equipes) administrados, novos desafios sejam impostos à equipe responsável pela implantação, exigindo que o pesquisador continue assessorando o processo. O ideal seria que a sua atuação se estendesse até o final da obra, pois como está se trabalhando com a programação da produção, somente se pode concluir que o novo sistema de programação foi bem sucedido se a obra for concluída no prazo (preferencialmente antes do prazo), e com benefícios para a empresa, sejam de qualidade, de satisfação do cliente ou financeiros (redução nos custos, p. exemplo).

A avaliação do processo de intervenção pode ser de três tipos:

1. Eficácia na transição, isto é, a efetiva implantação do novo sistema. A implantação é considerada alcançada quando os seus processos, fluxos de informação e armazenamento de dados são realizados de acordo com o proposto. Deve também ser observado o grau de compreensão e aceitação do novo sistema pelos funcionários envolvidos. Terminado o trabalho do pesquisador, torna-se necessário que a própria equipe da obra mantenha o sistema em operação. Para esta avaliação foi utilizado um questionário de verificação da aceitação do novo sistema;

2. Eficiência do novo sistema. Esta avaliação do sistema deve estar fundamentada em indicadores coletados que demonstrem os objetivos alcançados pelo

uso do sistema. A verificação de melhorias - ou quedas - de desempenho do sistema através dos indicadores deve possuir representatividade estatística. Torna-se necessário, então, que os ciclos de programação sejam continuamente monitorados em busca de tendências significativas no comportamento dos indicadores, o que deve ser feito, na fase de implantação, pelo próprio pesquisador. No caso deste trabalho estes indicadores estão propostos no sistema de informações, e o acompanhamento é realizado semanalmente. Os indicadores propostos no sistema estão apresentados no capítulo seguinte. Para a avaliação de melhorias apresentadas pelo novo sistema os indicadores também devem ser observados em outra(s) obra(s) que não utilizem o sistema, quando possível (*benchmarking*). Neste trabalho não se realizou este estudo comparativo.

CAPÍTULO 5

5. O SISTEMA DE INFORMAÇÕES

O Sistema de Informações de Programação da Produção tem por objetivo atender às decisões táticas e operacionais para a execução de um empreendimento de construção civil. Como indicado no Capítulo 2 os níveis de decisão ou de planejamento correspondem aos diversos estágios no processo de construção. As informações do nível tático são geradas usualmente logo no início do empreendimento e se relacionam diretamente com os recursos necessários para atingir as metas definidas no planejamento estratégico e a estruturação do trabalho. O objetivo específico do sistema neste nível é a manutenção das informações e geração de relatórios e consultas para uso futuro na execução da obra. As informações do nível operacional serão geradas durante a produção (execução da obra) e relacionam-se à seleção dos cursos de ações através das quais as metas são alcançadas. O objetivo específico do sistema neste nível é a organização e atualização sistemática das informações geradas na produção e o seu uso para programação e controle.

Os modelos de sistemas de informações mais utilizadas pelas empresas de construção são impostos por sistemas comerciais fechados⁶, que na maioria das vezes não atendem às necessidades no nível operacional, no que são então pouco utilizados no controle de produção. Estes sistemas, pela sua rigidez, exigem um comportamento padrão dos usuários muitas vezes dissociados da sua prática diária. O sistema desenvolvido propõe um modelo aberto baseado em ferramentas que possam ser modificadas diretamente pelo usuário ou uma equipe de suporte ligada a este. Estas ferramentas podem ser administradores de banco de dados, planilhas eletrônicas, planilhas manuais ou outras ferramentas em computador que possam ser configuráveis por parâmetros ou linguagem simples.

⁶ Os modelos para planejamento em construção civil são classificados por ROCHA LIMA JR (1990) como Fechados, Dedicados ou Abertos: "Os modelos fechados são rígidos e próprios de cada organização ... Os modelos dedicados tem grau relativo de rigidez, logo podem ser manipulados pelo usuário em alguma de suas estruturas. Normalmente o nível de manipulação permitido é definido pelo próprio sistema. ... Os modelos abertos são construídos pelo usuário, que deve somente respeitar a estrutura básica (linguagem do sistema)."

O sistema desenvolvido foi baseado na experiência acumulada pelo autor com desenvolvimento de sistemas em banco de dados para planejamento de obras de construção e na atividade de consultoria em planejamento e gerenciamento de obras, no levantamento de informações nas empresas de construção visitadas na fase inicial deste trabalho e nas informações obtidas na intervenção realizada neste trabalho.

O sistema de informações é dividido em duas partes, individualmente também chamados de sistemas:

sistema de planejamento, onde são geradas as informações para a programação da produção, usualmente é mantido pelo departamento ou engenheiro de planejamento da empresa e desenvolvido antes do início da execução do empreendimento. Deve permitir simular as estratégias de produção representando as variáveis no nível macro. Esta parte corresponde ao “escritório” no ciclo de planejamento da Figura 2.1;

sistema de controle de produção, onde são geradas as informações sobre o andamento das ações no canteiro de obras. Este sistema deve representar as seqüências de execução da obra e os principais recursos e custos envolvidos. Esta parte corresponde ao “canteiro de obras” no ciclo de planejamento da Figura 2.1, e é a programação e controle propriamente.

Estes dois sistemas interagem a partir de uma mesma matriz de informações. O sistema de planejamento gera as informações que dirigem a produção e determinam as metas das medidas de desempenho do sistema de controle. A partir das informações de planejamento o sistema de controle atua nos recursos e ordens de produção de modo a atingir os objetivos finais do empreendimento. O sistema de controle mantém ainda todas as informações operacionais do andamento da produção.

Neste trabalho objetivou-se definir os modelos de planejamento tático e operacional sem contudo desenvolver um sistema completo dedicado e fechado. Nas tarefas necessárias para a intervenção os modelos foram implantados em planilhas manuais ou no computador⁷. Os modelos desenvolvidos foram aplicados também com o apoio do sistema de planejamento da própria empresa, o qual representa em grande parte o sistema de planejamento proposto neste trabalho.

⁷ As planilhas em computador foram criadas a partir de um modelo computacional desenvolvido pelo autor - Modelo Integrado de Planejamento, MENDES JR (1994) - o qual foi modificado e estendido neste trabalho.

5.1. VISÃO GERAL

A utilização do sistema tem início no setor de planejamento da empresa. Neste setor são elaborados os documentos que fazem parte do sistema de planejamento, que são principalmente o orçamento de custos e a programação tática.

O modelo de planejamento tático permite a partir da estratégia de execução da obra a simulação e definição de utilização dos recursos humanos e financeiros, o que deve ser realizado com participação do engenheiro administrador da obra. Muitas das informações utilizadas neste planejamento fazem parte da base de dados de planejamento da empresa, principalmente a organização do trabalho nas construções, os ciclos de produção, a estrutura de custos, os custos médios dos principais recursos e materiais, e as precedências técnicas entre atividades. O planejamento tático também é aqui chamado de planejamento inicial por ser realizado no início do empreendimento e servir de referência inicial para o controle de produção. A empresa deve definir indicadores próprios para avaliar o desempenho do seu sistema de produção que são utilizados na formulação do cenário do planejamento inicial. A avaliação será feita pelo acompanhamento da evolução destes indicadores ao longo do tempo, e em todos os seus empreendimentos. Os indicadores propostos neste trabalho são descritos mais adiante.

A Figura 5-1 apresenta esquematicamente o fluxo das informações no sistema. A partir do planejamento tático o administrador da obra iniciará o controle de produção, juntamente com a sua equipe no canteiro de obras. Os documentos mantidos pela administração da obra podem ser agrupados nos conjuntos: **programação de médio prazo, programação de curto prazo, indicadores de desempenho e acompanhamento da obra.**

A programação de médio prazo tem como objetivo definir o trabalho a ser realizado num horizonte de médio prazo, indicando onde, quando e como executá-lo, quem irá executar, com que recursos, a seqüência de execução do conjunto das tarefas, e o que deve ser previamente realizado antes do trabalho ser iniciado.

Num horizonte de médio prazo também são mantidas as programações de equipes e materiais. A programação das equipes indica o início dos trabalhos dos principais serviços. A programação de materiais permite o acompanhamento das

principais tarefas necessárias para a aquisição de materiais, tais como quantitativo, solicitação e compra.

A programação de curto prazo aponta as tarefas que irão ser executadas num período curto (máximo de uma semana) e que devem ser concluídas com sucesso. Todas as equipes de produção devem ter tarefas programadas no curto prazo. As decisões para que estas tarefas sejam bem sucedidas e que antecedem à programação é um dos pontos chaves do sistema para a melhoria da qualidade dos processos e do aprendizado ativo das equipes de produção.

Este sucesso depende do grau de seleção que o mestre-de-obra faz das tarefas previstas no plano de médio prazo, elegendo para a semana aquelas que podem ser executadas, pois todos os recursos já estão disponíveis. Assim qualquer problema que venha a ocorrer será realmente um imprevisto, como por exemplo, falha num equipamento ou ausência de algum funcionário. Um número maior de tarefas do plano de médio prazo deve estar em condições de serem executadas, formando uma espécie de estoque de tarefas. Se alguma atividade não puder ser mantida por falta de material ou equipamento, tarefas de outras atividades podem ser selecionadas.

Os indicadores de desempenho são divididos em três grupos: execução, programação e recursos. Os indicadores de execução são acompanhados na programação de curto prazo. Envolvem a eficiência na execução das tarefas programadas, os problemas que justificam a não conclusão das tarefas programadas e o desvio em relação ao planejamento inicial. Os problemas que são levantados na análise destes indicadores devem ter solução rápida e compartilhada por todos os envolvidos, por exemplo, em reuniões semanais de planejamento.

Os indicadores de programação são acompanhados na programação de médio prazo, envolvendo a eficiência na programação em relação ao planejamento inicial e a eficácia desta programação no atendimento aos prazos e metas estabelecidos. O acompanhamento do desempenho da programação pode levar a decisões que alterem o planejamento inicial ou a estratégia de execução da obra.

Os indicadores de recursos acompanham os recursos consumidos comparados com as quantidades planejadas inicialmente. Indicadores específicos são utilizados para os principais materiais, procurando avaliar o desperdício no seu uso, para os recursos humanos, procurando avaliar a produtividade das equipes e o total de

homens-hora pagos, e os indicadores financeiros, utilizando ferramentas como a Curva S.

Desta forma conclui-se que o sistema é estruturado de forma a gerar informações no âmbito do planejamento operacional no canteiro de obras, o que diferencia este trabalho de outros publicados e dos sistemas específicos disponíveis no mercado. O sistema tem como objetivo dar suporte às decisões de maior abrangência nos outros níveis de planejamento, e sua principal função é manter as informações de produção de forma organizada e sistemática permitindo simular estratégias de produção e extrair as informações relevantes para as decisões. A característica de ser utilizado no canteiro de obras traz a agilidade das informações sempre atualizadas e do uso rápido destas informações nas decisões operacionais e táticas da obra, sem a necessidade de uma intervenção da equipe de planejamento do escritório no diagnóstico da situação.

Na intervenção realizada neste trabalho foram implantados os indicadores de desempenho de execução e programação. Os indicadores de recursos existem incorporados em alguns sistemas comerciais e são aplicados sistematicamente pela empresa do estudo, não sendo abordados neste trabalho.

O sistema desenvolvido foi adaptado às condições de produção de edifícios de múltiplos pavimentos. Com isto muitas decisões típicas deste tipo de obra, relativas à estratégia de produção, utilização de equipes e seqüências de execução, foram incorporadas ao modelo facilitando a sua compreensão. Da mesma forma os indicadores de desempenho da execução da obra foram adaptados ao modelo de programação com a técnica de Linha de Balanço.

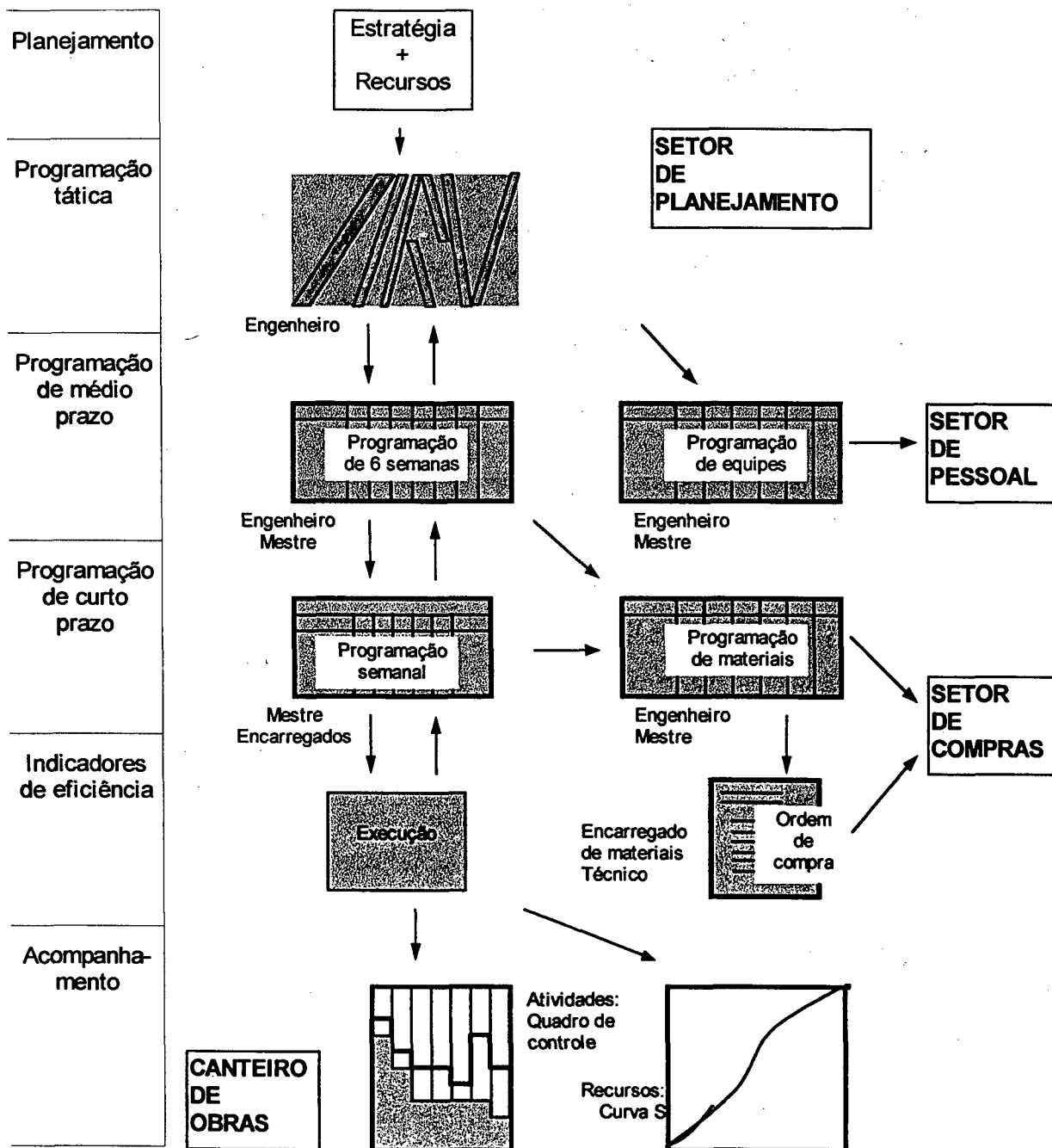


Figura 5-1 - Visão geral do sistema

5.2. DECISÕES DE PLANEJAMENTO TÁTICO E OPERACIONAL

As decisões que o sistema de informações apoia podem ser divididas em táticas e operacionais. As decisões táticas envolvem as variáveis de produção e as restrições dos recursos, geralmente relacionadas a alternativas de projeto, métodos construtivos, contratação de equipes ou equipamentos. As decisões operacionais são tomadas para atender ao trabalho diário no canteiro de obras e destinam-se a liberar ações de rotina da produção. Envolvem aspectos administrativos e comerciais relacionados com suprimentos, recursos humanos, contratos e programação das tarefas. As características das informações em cada um dos níveis - incluindo aqui também o estratégico - são apresentadas na Tabela 5-1, adaptada de ASSUMPÇÃO (1996).

As informações de produção geradas no âmbito operacional tem uma periodicidade diária ou semanal, porém as demais informações do sistema são mantidas em periodicidade distintas e relacionadas com as primeiras, sem contudo gerar uma grande massa de dados difíceis de serem tratados ou analisados. LIMA JR. (1991), referindo-se aos riscos de se utilizar modelos detalhados, sem base sólida de informações para operá-los, ressalta que é importante lembrar que estes riscos não diminuem quanto mais se estende a entrada de dados no modelo, pretendendo, assim, "simular mais perto da realidade". A baixa qualidade destas informações resulta de eventual especulação sobre o andamento destas variáveis mais detalhadas.

A estrutura hierárquica das informações oferece a capacidade de modulação (ou flexibilidade) ao sistema, ou seja, a capacidade de abrir o nível de informações oferecidos dependendo do usuário ou ambiente. A captação das informações relevantes diretamente nas atividades de produção no canteiro minimiza o uso de parâmetros para simulação. Estas são as características básicas para tornar as informações facilmente acessíveis pelos usuários em todos os níveis. A consolidação das informações no nível estratégico não é abordada neste trabalho, podendo ser objeto de desenvolvimentos futuros.

Tabela 5-1 - Ambiente de decisão x informações geradas pelo sistema

Ambiente	Nível	Decisão	Informações no âmbito do planejamento operacional			
			Ênfase em	Abertura	Periodicidade	Alcance
EMPRESA	Estratégico	- Políticas de atuação - Capacidade de produção	Custos Volume de produção	- Empreendimento - Consolidado para todos os empreendimentos	Semestral ou maior	Anual ou maior
	Tático	Escolha de novos empreendimentos	Custos	Empreendimento	Mensal	Período de produção
EMPREENHIMENTO	Tático	Estratégia de produção (conforme disponibilidades)	Custos	Fases de construção	Mensal	Período de produção
PRODUÇÃO	Tático	- Disponibilidade de equipes - Previsão de insumos	- Sequência de execução - Custos - Recursos	- Fases de construção - Atividades	Contínua	Período de produção

Este modelo de planejamento aborda com mais profundidade as decisões operacionais no canteiro de obras pelas razões indicadas no Capítulo 1. Os sistemas de informação existentes no mercado voltados ao orçamento de custos e à administração da empresa têm evoluído e atendido às empresas de construção, o mesmo não se podendo afirmar com relação à sistemas de informações de apoio às atividades de produção no canteiro de obras.

5.2.1. DECISÕES DE CARÁTER TÁTICO

As decisões neste nível englobam as diretrizes de produção e são tomadas no sentido de equacionar os meios e procedimentos que serão utilizados para executar a obra (ASSUMPÇÃO, 1996). Neste trabalho apenas as decisões relacionadas diretamente com a produção são abordadas, deixando-se as decisões de caráter organizacional (canteiro de obras, estratégias de contratação e suprimentos, entre outras). Estas decisões de caráter tático envolvem definições sobre:

- Definição das principais fases de construção da obra;
- Plano de ataque à obra, com definição das seqüências de execução;
- Data de início e de conclusão das principais fases;
- Estratégia de utilização das equipes de produção (número de equipes e tamanho das equipes)
- Data de aquisição de equipamentos especiais e dos principais suprimentos;
- Estratégias de suprimentos, compatíveis com a utilização das equipes.

5.2.2. DECISÕES DE CARÁTER OPERACIONAL

As decisões neste nível englobam as ações diárias no ambiente de produção do canteiro de obras e são tomadas no sentido de liberar as ações de produção, juntamente com providências que possibilitem que estas ações sejam

executadas a contento na programação de curto prazo. Estas decisões envolvem definições sobre:

- Alocação de equipes e Ritmos de produção;
- Uso de equipamentos;
- Suprimento de materiais.

5.3. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SISTEMA

O sistema é estruturado em planilhas. As planilhas do sistema de planejamento são processadas no início do empreendimento, e atualizadas durante a execução da obra quando necessário. As planilhas de programação operacional do sistema de controle são processadas periodicamente no canteiro de obras e suas informações consolidadas para as planilhas de controle onde são calculados os indicadores de desempenho. As planilhas de controle são utilizadas para a tomada de decisões táticas na obra e nos níveis mais altos da administração da empresa.

A seguir serão descritas as principais características do modelo do sistema e suas condições de utilização seguindo-se os diversos níveis de atuação: planejamento tático, programação tática e planejamento operacional.

5.3.1. CONDIÇÕES PARA UTILIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO TÁTICO

A organização das informações no sistema é centrada nas atividades, criando-se então o que denomina-se EAP - Estrutura Analítica do Projeto (*WBS - Work Breakdown Structure*). As atividades no nível tático devem englobar as atividades criadas nos níveis mais detalhados do sistema. O uso adequado de uma estrutura analítica é primordial para o sucesso na simulação de cenários e apoio à tomada de decisões táticas indicadas anteriormente.

A base para o desenvolvimento do planejamento tático é a de considerar a construção de edifícios com pavimentos múltiplos de torre única e atividades repetitivas, de pavimento em pavimento, por exemplo. Outra unidade de repetição (apartamento, zona, ou casa) pode ser adaptada facilmente ao sistema permitindo o seu uso em outros tipos de obras, tais como conjuntos residenciais.

Vários tipos de pavimentos podem ser simulados, sendo os volumes de serviço para as atividades informados para cada pavimento. Índices de volumes de serviço médios podem ser utilizados no sistema. Para cada pavimento é informado o número de repetições, não havendo limitação para este número, a não ser a limitação física de algumas planilhas, que explodem todos os pavimentos.

A produtividade é considerada a nível da equipe de cada atividade e os custos de pessoal incorporados ao longo da atividade considerando a equipe dedicada exclusivamente à atividade durante a sua duração. Os ciclos de produção podem ser calculados em função dos volumes de produção e da produtividade das equipes, ou podem ser indicados no sistema. Neste caso o tamanho das equipes seria informado com a finalidade de previsão de recursos humanos ao longo da execução. Os ciclos de produção são determinados relativamente ao ciclo da unidade básica (pavimento tipo, por exemplo) proporcionalmente ao volume de produção.

A seqüência de execução pode ser de baixo para cima, ou de cima para baixo na torre.

Pode-se definir, em função da altura do edifício, duas frentes de trabalho, definindo-se um pavimento intermediário de referência, único para todas as atividades. Se a seqüência da atividade for de baixo para cima, o trabalho poderá ser interrompido no pavimento intermediário. Se a seqüência for inversa os trabalhos serão iniciados no pavimento intermediário. O sistema não permite que as duas frentes de trabalho se desenvolvam simultaneamente, podendo no entanto ser facilmente adaptado para esta condição.

Atividades fora da torre podem ser incluídas simulando-se a periferia da torre como sendo uma unidade, similar a um pavimento. Da mesma forma atividades não repetitivas podem ser incluídas associando-as à periferia ou outra unidade que não tenha repetição.

As precedências entre atividades são padronizadas para todos os pavimentos. A experiência nos estudos preliminares deste trabalho e também na intervenção demonstrou que redes de precedência simples (quase lineares) podem facilmente ser utilizadas. Isto não chega a ser uma restrição, pois a base do sistema é o ambiente operacional do canteiro de obras, onde estas precedências podem ser facilmente administradas, sem o uso de nenhum modelo de planejamento. No

posteriormente na programação operacional o sistema permite que atividades sejam programadas fora da seqüência prevista no planejamento tático.

O modelo implantado no sistema é baseado em estudos de ciclos de produção, precedências entre atividades, seqüências de execução e definição de equipes realizados com edifícios que utilizam processo construtivo tradicional: estruturas de concreto moldada "in loco", vedações com alvenarias de tijolos, blocos cerâmicos ou de concreto, revestimentos argamassados, instalações elétricas e hidráulicas embutidas nas alvenarias, acabamentos tradicionais como pintura sobre massa corrida, gesso, revestimentos cerâmicos e pedras em paredes e/ou pisos, carpetes ou pisos de madeira. Quanto à tipologia os índices de volumes de serviço foram calibrados para apartamentos de 1 a 4 quartos por pavimento, com área construída por pavimento até cerca de 400 m².

Entretanto como o modelo é aberto, outras informações podem ser cadastradas, ajustando-se para as características de outro processo construtivo ou tipologia de projeto. Vários grupos de planilhas podem então ser previamente elaboradas para cada tipologia ou tecnologia de construção dos empreendimentos da empresa.

5.3.2. A CONCEPÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO

O sistema utiliza a técnica de Linha de Balanço para simular a continuidade das equipes na execução das atividades repetitivas. A técnica de Linha de Balanço é bastante útil na programação de atividades repetitivas, mas as simulações na prática somente tem sido possíveis na forma gráfica. Um conjunto de planilhas foram concebidas para resolver automaticamente o problema de programação com a técnica de Linha de Balanço, com as simplificações indicadas acima, e associando-a com a técnica de Redes de Precedência para resolver os conflitos entre atividades subsequentes num pavimento⁸. Conforme a análise indicada no Capítulo 3 estes conflitos podem ser verificados apenas no primeiro, no último e no pavimento intermediário (utilizado para interrupção de algumas atividades). Estas planilhas fazem a simulação da seqüência de atividades na unidade básica (pavimento tipo), chamada de rede básica, e a simulação das datas de início e término das atividades nestes três pavimentos, considerando o número de repetições de cada atividade. Na simulação das

repetições calcula-se para cada atividade a abertura (*buffer*) no início da sua execução em relação às atividades precedentes, como já indicado no Capítulo 3.

Este modelo torna desnecessário o uso de programas específicos para cálculo de redes de precedência, porém sugere-se o uso do computador pois os cálculos são bastante repetitivos induzindo facilmente ao erro. Os programas mais modernos de gerenciamento de projetos poderiam ser utilizados com vantagens na implantação deste planejamento, pois possuem uma extensa lista de facilidades para emissão de relatórios, análise das informações sobre prazos e recursos, e trabalho cooperativo em redes. Porém a estes sistemas teriam que ser agregados procedimentos para o balanceamento das atividades e formas de manipulação das informações de âmbito operacional, a parte mais importante do sistema de informações.

5.3.3. A CONCEPÇÃO DO PLANEJAMENTO OPERACIONAL

O planejamento operacional é a chave do sistema desenvolvido por serem nele geradas todas as informações que disparam as tomadas de decisões e que são distribuídas para os outros departamentos da empresa e fornecedores. Este planejamento foi concebido a partir da investigação preliminar deste trabalho nos canteiros de obras e nos modelos discutidos no Capítulo 2 (item 2.6), e está baseado nas programações de médio e curto prazo, e nas decisões que são tomadas a partir dos indicadores de desempenho destas programações.

Os usuários do planejamento operacional são a equipe de administração da obra e os supervisores de produção ou empreiteiros. As informações devem ser geradas pelo pessoal de produção (supervisores) de modo a garantir a confiabilidade necessária ao sistema.

O planejamento operacional neste sistema é um conjunto semi-estruturado de informações ligadas, por um lado, à execução das tarefas no canteiro, e por outro ao planejamento tático. Todas as informações são organizadas visando primeiramente atender às equipes de produção e ao mestre-de-obras - o seu supervisor direto - e o pessoal de administração diretamente ligado à produção (administradores de suprimentos, equipamentos, e pessoal auxiliar). A partir da estruturação e consolidação destas informações em torno do planejamento tático é que serão atendidas as

⁸ Modelo de planejamento em planilhas eletrônicas desenvolvido pelo autor (MENDES JR, 1994) e aperfeiçoadas ao longo deste trabalho (MENDES JR, 1998).

necessidades de informação dos demais níveis da obra (administrador) e da empresa (planejamento e controle, suprimentos, financeiro, gerência de obras, etc.).

Ou seja, todas as tarefas em execução são inseridas na programação operacional comparando-se o que **pode** ser executado (visão real da obra, função dos recursos disponíveis) com o que **deveria** ser executado, indicado no planejamento tático (previsão inicial). A partir desta comparação o planejador - o mestre-de-obras ou supervisor - irá selecionar uma lista do que **será** executado, com o comprometimento de todos os envolvidos com a produção. A programação é realizada definindo-se para cada atividade o local de execução, a equipe, os materiais e equipamentos, os dias de trabalho, o que deve e como deve ser executado. Esta programação deve ser elaborada o mais cedo e com a menor variabilidade possível. Para que isto seja viável o sistema utiliza duas programações com horizontes diferentes. Uma programação de curto prazo com horizonte de uma ou duas semanas, e uma programação de médio prazo num horizonte maior - cinco ou seis semanas - com o objetivo de ser uma prévia da programação de curto prazo.

A programação de curto prazo pode ser realizada semanalmente incluindo todas as atividades a serem executadas na semana seguinte, ou realizada continuamente programando-se cada atividade para um horizonte de uma semana. O sistema está organizado para que a programação seja realizada dia a dia.

A programação de médio prazo é realizada num horizonte maior e não precisa ter o mesmo detalhamento da programação de curto prazo. O objetivo principal é que seja verificado se as condições para o início ou prosseguimento de atividades estão satisfeitas e, caso necessário, os problemas sejam discutidos e as providências sejam programadas neste sentido.

A programação de médio prazo é revista cada vez que se concluírem atividades da programação de curto prazo. Neste momento estas atividades concluídas serão retiradas da programação de médio prazo e será verificado se novas atividades poderão ser incluídas no final da programação. Se a programação de curto prazo for semanal, a programação de médio prazo será atualizada também semanalmente, e sempre apresentará as atividades para seis semanas, a partir da seguinte à da programação de curto prazo.

Ocorre que várias decisões precisam ser tomadas com uma antecedência maior do que as seis semanas da programação de médio prazo. Para isto

uma planilha ou cartão de programação individual é utilizada para cada um dos processos ligados à estas decisões. No início da obra todas estas decisões devem ser relacionadas e para cada uma deve ser definida, a partir das informações do planejamento tático, quando a planilha de programação individual será aberta. Esta relação deverá incluir principalmente a aquisição de alguns suprimentos (acabamentos e esquadrias, por exemplo), equipamentos permanentes, como elevador, a contratação dos principais serviços. Nesta planilha de programação devem ser indicados os procedimentos que devem ser realizadas no processo. O sistema desenvolvido apresenta uma planilha para a programação de suprimentos e outra para contratação de empreiteiros, mas outras planilhas podem ser criadas para outros processos.

5.3.4. O SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle implementa o acompanhamento dos indicadores de desempenho da execução da construção, das programações de médio e curto prazo e do planejamento tático. As informações já existentes no sistema permitem o controle do projeto em relação à eficiência da execução, prazos, custos e recursos.

Neste sistema os indicadores de desempenho relacionados com a programação e prazos são os mais importantes, pois são considerados o ponto de partida na busca da melhoria do processo de construção (HOWELL e BALLARD, 1998).

O uso prático de qualquer tipo de controle tem sido viável apenas quando realizado sobre os principais serviços da obra. E neste caso tem-se usado a atribuição de pesos, caracterizando sua representatividade no processo de produção ou no uso dos recursos (ASSUMPÇÃO, 1996; LÓPEZ *et al.*, 1996). Os critérios mais conhecidos e utilizados no meio técnico são os que atribuem pesos aos serviços em função de seus custos, e menos utilizado, dos consumos de homens-hora, em relação ao total requerido para a obra. Pode-se gerar então uma curva S prevista que modela a execução da obra sob a ótica deste critério, e que será confrontada contra o indicador medido durante a execução. O uso deste tipo de critério exige que se conheça a relação entre as atividades a serem controladas, usualmente no nível tático, e os serviços reais, num nível mais detalhado, o operacional - onde efetivamente estes custos e consumos são apropriados, o que se verifica apenas nos grandes serviços, tais como estrutura, alvenaria e acabamentos.

Por outro lado, a programação operacional como desenvolvida neste sistema, principalmente a de curto prazo, cria um comprometimento das equipes de produção e administração da obra com a execução das tarefas programadas de tal modo que todas as atividades programadas poderão ser executadas, dentro do prazo da programação, independentemente do peso que se atribua cada atividade. Baseado neste fato vários autores (KARTAM *et al.*, 1997; BALLARD, 1997) sugerem que para efeito de medida de desempenho da execução e da programação os pesos sejam abandonados. O que foi adotado neste trabalho. Assim, os indicadores de desempenho da execução e prazos usados no sistema não introduzem nenhum peso nos serviços, o que também facilita o seu cálculo, permitindo que os mesmos sejam facilmente realizados no canteiro de obras.

Na intervenção foi realizada uma comparação do avanço da construção (serviços executados) usado no indicador de desvio da programação (DP) entre os valores obtido nos sistema (sem pesos) e valores com pesos em função dos custos (usado pela empresa do estudo), do consumo de homens-hora, e da importância do serviço. Foi constatado que o indicador sem pesos nos serviços é o mais desfavorável, e portanto, conceitualmente justificável, na opinião do autor e também do administrador da obra, que argumenta: "Se atrasarmos a entrega da obra e tivermos que pagar uma multa ou encargos contratuais, tanto faz se foi por causa de um serviço de grande peso ou insignificante!".

No cálculo dos indicadores de desempenho considera-se o número de tarefas, na atividade, etapa ou em toda a obra. Inicialmente, no plano tático, cada atividade terá um número de tarefas igual ao de unidades básicas. Por exemplo, num edifício de 32 apartamentos, a atividade Pintura Interna terá 32 tarefas (sem considerar aqui outras unidades como pavimento térreo, subsolo, etc. que podem ser incluídas). Ocorre que no plano operacional a atividade Pintura Interna poderá ser desdobrada em outras atividades menores, como por exemplo, 1ª mão e 1ª mão de Pintura. Neste momento a atividade passa a ter então 64 tarefas, e os indicadores passam a considerar este novo valor para o seu cálculo. Com esta metodologia não se tem o problema de agregação de serviços (por natureza semelhante ou por execução simultânea) que ocorreria se atribuíssemos pesos para as tarefas e a estrutura analítica pode ser desenvolvida para o uso operacional sem maiores dificuldades.

Os indicadores introduzidos são:

PPC - Percentual de tarefas Planejadas Concluídas:

Número de tarefas concluídas em relação às previstas na programação. Este indicador tem dois valores, um em relação à programação de curto prazo (o mais utilizado) e outro em relação à programação de médio prazo (PPC6).

PPA - Percentual de Programação das Atividades:

Número de tarefas da programação de curto prazo em relação à programação de médio prazo. Este valor é calculado para cada semana da programação de médio prazo, e também para o total de tarefas da programação.

PAP - Percentual de Atividades Planejadas:

Número de tarefas da programação de médio prazo em relação ao número de tarefas previstas na programação inicial. Este indicador tem dois valores, um acumulado desde o início da obra (PAP), e outro para o período da programação (PAP6).

DP - Desvio da Programação:

Número de tarefas concluídas em relação às previstas na programação inicial. Este valor é acumulado desde o início da obra.

A Tabela 5-2 apresenta um resumo dos indicadores para melhor compreensão.

Tabela 5-2 - Indicadores de desempenho de execução e programação.

Indicador	Programação			Mede o desempenho da
	Curto Prazo	Médio Prazo	Inicial	
PPC Percentual de Tarefas Planejadas Concluídas	Número de tarefas concluídas	Número de tarefas concluídas	= DP	Execução
PPA Percentual de Programação das Atividades		Número de tarefas na programação de curto prazo		Programação
PAP Percentual de Atividades Planejadas			Número de tarefas na programação de médio prazo	Programação
DP Desvio da Programação			Número de tarefas concluídas (acumulado)	Execução

Uma característica deste sistema de controle é que os indicadores são usados para se conseguir manter a execução exatamente como foi planejado, e quando os desvios ocorrem procura-se retomar a situação planejada com medidas operacionais. Nesta condição o planejamento inicial somente será modificado se os desvios se tornarem grandes exigindo que uma nova estratégia seja traçada a médio ou longo prazo. Pelos resultados da intervenção considera-se como desvio grande valores acima de 10% medidos para toda a obra (PAP e DP).

Os indicadores relacionados com a programação inicial (PAP e DP) podem ser calculados considerando as folgas calculadas para as atividades (ver Capítulo 3), batizados de PAP+ e DP+. No entanto, o autor sugere que este recurso somente seja usado se necessário, e quando se aproxima a fase final da obra, e a folga seja utilizada apenas em atividades isoladas por decisões táticas. Observe-se aqui que a técnica de Linha de Balanço, utilizada neste trabalho, não utiliza o conceito do caminho crítico, o que significa que uma nova previsão de prazo de conclusão baseada nas durações reais pode não ser muito confiável, o que não ocorre com os indicadores de desempenho. A intervenção demonstrou que muitas atividades são executadas em paralelo, principalmente na fase final da obra, descaracterizando o conceito de caminho

crítico, como já indicado por outros autores (MELLES e WELLING, 1996; GHIO *et al.*, 1993).

Considerando a metodologia de geração e acompanhamento das informações no âmbito operacional do canteiro de obras adotada neste sistema, à as informações de produção podem ser facilmente agregadas as informações de qualidade dos serviços, que pode ser objeto de futuras pesquisas.

Outro indicador de desempenho da execução é o de homens-hora consumidos, a partir do levantamento das horas diárias anotadas na programação de curto prazo. A estas horas devem ser somadas as horas do pessoal auxiliar, por equipe. Estes valores são comparadas com os valores calculados a partir das durações esperadas das atividades e equipes previstas no plano inicial.

Os indicadores do consumo dos principais recursos (materiais e humanos) e custos são levantados à partir dos recebimentos de materiais (notas fiscais) e dos valores pagos às equipes, e seu acompanhamento segue as metodologias tradicionais da curva S e não são abordados neste trabalho.

5.4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Este item apresenta uma descrição das planilhas principais do sistema⁹.

O sistema de planejamento é composto de:

- Orçamento de custos
- Plano tático da obra
- Programação tática por pavimentos
- Programação de recursos
- Programação financeira

Todos os documentos deste sistema utilizam a mesma estrutura analítica. O orçamento de custos pode utilizar uma estrutura operacional (CABRAL, 1988) que

⁹ As planilhas utilizadas no estudo de caso são constantes do Anexo C deste trabalho

seria também utilizada para a apropriação dos indicadores de consumo de homens-hora, recursos e custo, e em seguida consolidada no nível tático.

O sistema de controle de produção é composto de:

- Programação de curto prazo
- Programação de médio prazo
- Controle de execução e programação

As programações atendem diretamente às equipes de produção e são mais detalhadas do que as estruturas analítica e operacional. Para deixar bem clara esta distinção estas programações são chamadas de programações de tarefas. As informações obtidas da execução das tarefas são consolidadas na programação tática e no orçamento operacional.

5.4.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DO PLANEJAMENTO TÁTICO

A Planilha 1, na Tabela 5-3 a seguir, é utilizada para a definição da estrutura analítica (EAP) para o planejamento tático. Esta estrutura pode ser consolidada a partir de uma estrutura mais detalhada utilizada para o orçamento operacional. Como explicado anteriormente o planejamento operacional não segue nenhuma destas duas estruturas, que são utilizadas para consolidar os indicadores de desempenho no sistema de controle. Esta planilha também é utilizada para apresentação do Orçamento de Custos calculado a partir das planilhas seguintes. A estrutura apresentada na Tabela 5-3 foi obtida na investigação preliminar deste trabalho (Item 4.1) e utilizada com poucas modificações na intervenção (Capítulo 6).

Tabela 5-3 - Estrutura analítica do planejamento inicial

Item	Descrição	Unid
1.	SUPRA-ESTRUTURA	
1.01	Formas	m2
1.02	Armadura	kg
1.03	Supraestrutura	m3
1.04	Desforma	m2
2.	ALVENARIA	
2.01	Marcação	m
2.02	Alvenaria externa	m2
2.03	Alvenaria interna	m2
2.04	Encunhamento Alvenaria	m
2.05	Chapisco parede interna	m2
3.	TUBULAÇÕES	
3.01	Prumadas de água e incêndio	pt
3.02	Prumadas elétricas	pt
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	m
3.04	Rasgos tubulação elétrica	m
3.05	Tubulação hidráulica	m
3.06	Tubulação esgoto	m
3.07	Tubulação gás	m
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	m
3.09	Fechamento dos rasgos	m
4.	ESQUADRIAS	
4.01	Contramarcos de alumínio	pç
4.02	Contramarcos de madeira	pç
4.03	Caixilhos de madeira	pç
4.04	Portas de madeira	pç
4.05	Rodapés de madeira	m
4.06	Esquadrias de alumínio	pç
4.07	Box e espelhos	pç
4.08	Peltores	m
4.09	Soleiras	m
4.10	Vidros comuns	m2
5.	REV. INTERNOS	
5.01	Emboço parede interna	m2
5.02	Reboco parede interna	m2
5.03	Chapisco de tetos	m2
5.04	Emboço de tetos	m2
5.05	Reboco de teto	m2
5.06	Azulejos	m2
5.07	Pedras em paredes internas	m2
5.08	Forro interno	m2
5.09	Chapisco e emboço da escada	m2
6.	REV. EXTERNOS	
6.01	Chapisco parede externa	m2
6.02	Emboço parede externa	m2
6.03	Reboco de paredes externas	m2
6.04	Cerâmica parede externa	m2
6.05	Forro externo	m2
6.06	Pedras em fachadas	m2
7.	PISOS	
7.01	Regularização de superfícies	m2
7.02	Impermeabilização e proteção	m2
7.03	Contrapiso	m2
7.04	Pisos cimentado	m2
7.05	Pisos cerâmicos	m2
7.06	Pedra em piso interno	m2
7.07	Piso laminado	m2
7.08	Piso hall/escadaria	m2
8.	INSTALAÇÕES	
8.01	Acabamentos de inc e gás	pt
8.02	Metais e acessórios	pç
8.03	Louças	pç
8.04	Tanques	pç
8.05	Banheiras	pç
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	m
8.07	Interruptores e tomadas	pç
9.	PINTURA E LIMPEZA	
9.01	Massa corrida	m2
9.02	Pintura interna	m2
9.03	Pintura de escadaria	m2
9.04	Limpeza	m2

5.4.2. REDE BÁSICA DE PRECEDÊNCIAS

A rede de precedência das atividades do plano tático é definida para a unidade básica. Com o uso da técnica de Linha de Balanço esta rede de precedência pode representar somente as principais precedências entre as atividades definindo os principais fluxos de trabalho ao longo da execução. Esta rede pode ser uma rede quase linear com poucos fluxos paralelos ou uma rede com mais interligações e procurando representar as diversas fases de construção. Vários trabalhos apresentam implementações e sugestões em relação a esta definição (ASSUMPÇÃO, 1996; BRANDLI e OLIVEIRA, 1996; COELHO, 1998; MAZIERO, 1990; NEVES, 1993; OLIVEIRA, 1994; SCOMAZZON et al, 1985; VARGAS et al, 1996). Na investigação inicial realizada neste trabalho conclui-se pela definição de uma rede quase linear - com poucos fluxos em paralelo - e sem definir exatamente o início e término de cada fase da construção. As principais razões são a representação satisfatória da lógica de construção na maioria dos casos estudados e a simplicidade da rede. A Tabela 5-4 apresenta a rede básica utilizada no estudo de caso.

O uso da rede de precedência associado ao da técnica de Linha de Balanço visa permitir que alguns fluxos de trabalho sejam executados em paralelo, porém aqui o conceito de caminho crítico não é utilizado. O uso da rede de precedência permite neste modelo o cálculo das folgas das atividades pouco utilizado com a técnica de Linha de Balanço.

Tabela 5-4 - Rede básica de precedências

Planilha 9											
CÁLCULO DAS DATAS MAIS CEDO - TIPO											
Item		Ord	Dur	Atividades anteriores							
Ini											
1.	SUPRA-ESTRUTURA										
1.01	Formas	1	4,0	Ini							4,0
1.02	Armadura	2	6,0	1.01						4,0	10,0
1.03	Supraestrutura	3	2,0	1.02						10,0	12,0
1.04	Desforma	4	1,0	1.03						12,0	13,0
2.	ALVENARIA	5									
2.01	Marcação	6	4,0	1.04						13,0	17,0
2.02	Alvenaria externa	6	5,0	2.01						17,0	22,0
2.03	Alvenaria interna	7	10,0	2.02						22,0	32,0
2.04	Encunhamento Alvenaria	8	10,0	2.03						32,0	42,0
2.05	Chapisco parede interna	9	6,0	2.04						42,0	48,0
3.	TUBULAÇÕES	10									
3.01	Prumadas de água e incêndio	11	3,0	1.04						13,0	16,0
3.02	Prumadas elétricas	12	1,0	3.01						16,0	17,0
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	13	2,0	3.07						18,0	20,0
3.04	Rasgos tubulação elétrica	14	3,0	3.03						20,0	23,0
3.05	Tubulação hidráulica	15	3,0	3.04						23,0	26,0
3.06	Tubulação esgoto	16	2,0	3.05						26,0	28,0
3.07	Tubulação gás	17	1,0	3.02						17,0	18,0
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	18	6,0	3.06						28,0	34,0
3.09	Fechamento dos rasgos	19	1,0	3.08						34,0	35,0
4.	ESQUADRIAS	20									
4.01	Contramarcos de alumínio	21	1,0	2.02						22,0	23,0
4.02	Contramarcos de madeira	22	1,0	5.02						66,0	67,0
4.03	Caixilhos de madeira	23	2,0	4.02						67,0	69,0
4.04	Portas de madeira	24	5,0	4.03						69,0	74,0
4.05	Rodapés de madeira	25	5,0	7.07						84,0	89,0
4.06	Esquadrias de alumínio	26	4,0	4.08						32,0	36,0
4.07	Box e espelhos	27	1,0	8.02						77,0	78,0
4.08	Peitoris	28	2,0	6.04						30,0	32,0
4.09	Soleiras	29	1,0	4.06						36,0	37,0
4.10	Vidros comuns	30	2,0	4.09						37,0	39,0
5.	REV. INTERNOS	31									
5.01	Emboço parede interna	32	7,0	2.05						48,0	55,0
5.02	Reboco parede interna	33	11,0	5.01						55,0	66,0
5.03	Chapisco de tetos	34	3,0	2.05						48,0	51,0
5.04	Emboço de tetos	35	6,0	5.03						51,0	57,0
5.05	Reboco de teto	36	7,0	5.04						57,0	64,0
5.06	Azulejos	37	3,0	5.05	3.09					64,0	67,0
5.07	Pedras em paredes internas	38	3,0	5.06						67,0	70,0
5.08	Forro interno	39	5,0	5.07						70,0	75,0
5.09	Chapisco e emboço da escada	40	2,0	5.08						75,0	77,0
6.	REV. EXTERNOS	41									
6.01	Chapisco parede externa	42	1,0	4.01						23,0	24,0
6.02	Emboço parede externa	43	3,0	6.01						24,0	27,0
6.03	Reboco de paredes externas	44	2,0	6.02						27,0	29,0
6.04	Cerâmica parede externa	45	1,0	6.03						29,0	30,0
6.05	Forro externo	46	2,0	6.04						30,0	32,0
6.06	Pedras em fachadas	47	1,0	6.05						32,0	33,0
7.	PISOS	48									
7.01	Regularização de superfícies	49	2,0	3.09						35,0	37,0
7.02	Impermeabilização e proteção	50	9,0	7.01						37,0	46,0
7.03	Contrapiso	51	5,0	7.02						46,0	51,0
7.04	Pisos cimentado	52	5,0	7.03						51,0	56,0
7.05	Pisos cerâmicos	53	5,0	7.04	5.08					75,0	80,0
7.06	Pedra em piso interno	54	1,0	7.05						80,0	81,0
7.07	Piso laminado	55	3,0	7.06	4.04					81,0	84,0
7.08	Piso hall/escadaria	56	4,0	7.07	5.09					84,0	88,0
8.	INSTALAÇÕES	57									
8.01	Acabamentos de inc e gás	58	1,0	8.07						85,0	86,0
8.02	Metais e acessórios	59	1,0	8.03						76,0	77,0
8.03	Louças	60	2,0	4.04						74,0	76,0
8.04	Tanques	61	1,0	8.05						82,0	83,0
8.05	Banheiras	62	1,0	7.06						81,0	82,0
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	63	4,0		9.01					77,0	81,0
8.07	Interruptores e tomadas	64	4,0	8.06	9.02					81,0	85,0
9.	PINTURA E LIMPEZA	65									
9.01	Massa corrida	66	2,0		5.08					75,0	77,0
9.02	Pintura interna	67	3,0	9.01	4.10					77,0	80,0
9.03	Pintura de escadaria	68	1,0	9.02	7.08					88,0	89,0
9.04	Limpeza	69	4,0	9.03	4.07	6.06	4.05	8.01	8.04	89,0	93,0

5.4.3. BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES

O balanceamento das atividades tem o objetivo de permitir o trabalho contínuo das equipes após iniciada uma atividade. Para tanto as atividades precedentes já devem estar concluídas quando a equipe entra no local de trabalho (unidade repetitiva). Isto usualmente é obtido impondo-se um intervalo de tempo de espera para o início de uma atividade nova na primeira unidade (ver item 3.2.2) - chamada de defasagem ou *buffer*. Esta defasagem é calculada em função da diferença de ciclos de produção entre as atividades e suas precedentes. Quando esta defasagem resulta grande pode haver um atraso das atividades posteriores e provavelmente no prazo de entrega final. Na prática, nestes casos, as atividades são iniciadas com uma defasagem menor, e interrompidas em algum pavimento intermediário.

A planilha da Tabela 5-4 apresenta o balanceamento das atividades para o estudo de caso. Nesta planilha tem-se as seguintes informações:

Equipe: tamanho da equipe (profissionais ou oficiais);

Duração: duração em dias no Pavimento Tipo;

Número de Equipes: número de equipes simultâneas (em pavimentos diferentes);

Ritmo calculado: em dias por pavimento;

Ritmo adotado: em dias por pavimento;

Duração Total: duração em dias em todos os pavimentos;

Sentido: Sobe ou Desce;

Duas etapas? Sim para interromper a atividade no pavimento intermediário;

Marco: Data de Início da atividade imposta pelo usuário;

Defasagem: intervalo de tempo em relação ao término da última atividade precedente no pavimento inicial.

As informações em negrito são indicadas na própria planilha e utilizadas para as simulações de estratégia de execução. As demais informações provêm de planilhas anteriores.

As demais informações são calculadas na planilha e representam as datas de início e término nos pavimentos utilizados para o balanceamento (primeiro, último e intermediário) e as aberturas calculadas para o balanceamento.

Início 1o. Pav: Dia de início no Primeiro Pavimento;

Início Pav Int: Dia de Início no Pavimento Intermediário;

Início Int+1: Dia de Início no Pavimento seguinte ao Intermediário;

Início Últ Pav: Dia de Início no Último Pavimento;

Datas/Início: Dia de Início da atividade;

Datas/Término: Dia de Término da atividade;

DATA DE INÍCIO: Data de Início (pelo calendário);

DATA DE TÉRMINO: Data de Término (pelo calendário);

Abertura/1o. Pav.: Defasagem calculada no início da atividade no Primeiro Pavimento;

Abertura/Pav Int: Defasagem calculada no início da atividade no Pavimento Intermediário;

Abertura/Pav Int+1: Defasagem calculada no início da atividade no pavimento seguinte ao Intermediário;

Abertura/Últ. Pav.: Defasagem calculada no início da atividade no Último Pavimento.

Ordem na Rede: Ordem na rede de precedência, a partir da primeira atividade

As aberturas das atividades nos pavimentos são uma indicação das perdas que podem estar ocorrendo em relação ao prazo final de entrega. Se este prazo é o condicionante principal da simulação estas aberturas devem ser minimizadas -

iterativamente pelo próprio usuário. Se o desembolso financeiro é o condicionante em algum momento da execução o usuário pode usar a defasagem para impor uma abertura maior prorrogando o início da atividade e modificando o desembolso. Se nenhum destes é um condicionante muito rígido para a execução o usuário deve nesta fase do planejamento balancear os ciclos de produção de modo que os fluxos sejam o mais contínuos possíveis. A investigação do uso desta metodologia nos estudos preliminares e no estudo de caso mostrou que as restrições (metas intermediárias e financeiras) podem facilmente ser administradas no planejamento operacional. Assim não seriam necessárias muitas simulações para se atingir um plano tático adequado. Como exemplo, no estudo de caso deste trabalho foram necessárias três simulações para se atender a mais de 70% das metas físicas determinadas pelo administrador da obra, a partir das informações já disponíveis no sistema (índices de volume de serviço, tamanho das equipes e ciclos de produção). O ajuste perfeito deste plano pode ser realizado durante a execução da obra, considerando a situação real da obra, o que mostrou-se mais produtivo em termos de simulação. No período de abrangência do estudo de caso nenhum ajuste foi realizado, mas prevê-se que na fase final da obra estes deverão ser considerados.

Tabela 5-5 - Planilha de balanceamento das atividades

Planilha 10														
PROGRAMAÇÃO POR LINHA DE BALANÇO														
Item	Descrição	Equipe (oficiais)	Duração Tipo	Número de Equipes	Ritmo Calc.	Ritmo	Duração Total	Sen-tido	Duas etapas?	Marco	Defasagem	Início 1o. Pav	Início Pav Int	Início Ult Pav
1.	SUPRAESTRUTURA													
1.01	Forma	12	3,8	1	3,8	6,0	123		N	150		150	210	216
1.02	Armad	8	5,4	1	5,4	6,0	125		N			153	213	219
1.03	Concr	6	1,6	1	1,6	6,0	121		N			158	218	224
1.04	Desfor	6	1,0	1	1,0	6,0	121		N			159	219	225
2.	ALVENARIA													
2.01	MarcAlv	2	3,2	1	3,2	3,2	67		N			160	220	226
2.02	AVExt	7	4,2	1	4,2	4,2	88		N			219	261	265
2.03	AlvInt	5	10,9	2	5,5	5,3	116		N			223	276	281
2.04	EncAlv	1	4,0	1	4,0	4,0	84		N			233	286	292
2.05	ChapInt			1		4,0	80		N			263	303	307
3.	TUBULAÇÕES													
3.01	PrumHidr	2	2,0	1	2,0	2,0	42		N			160	220	226
3.02	PrumElét	1	1,0	1	1,0	1,0	41		N			242	262	264
3.03	RasgHidr	1	2,0	1	2,0	4,0	82		N			248	298	303
3.04	RasgElét	2	3,0	1	3,0	4,0	83		N			270	310	314
3.05	InstHidr	3	3,0	1	3,0	4,0	83		N			273	313	317
3.06	InstEsg	2	3,0	1	3,0	4,0	83		N			276	316	320
3.07	InstGas	1	5,0	1	5,0	5,0	105		N			243	293	298
3.08	InstElét	4	4,0	1	4,0	4,0	84		N			279	319	323
3.09	FechRasg	1	2,0	1	2,0	4,0	82		N			283	323	327
4.	ESQUADRIAS													
4.01	ContAlum	2	1,0	1	1,0	1,0	21	Desce	S			223	265	269
4.02	ContMad	2	1,0	1	1,0	4,0	81		N		71	359	399	403
4.03	Caixilhos	2	2,0	1	2,0	2,0	42		N			360	400	404
4.04	PortMad	7	2,0	1	2,0	2,0	42		N			402	422	424
4.05	RodMad	4	3,5	1	3,5	2,0	43		N			407	427	429
4.06	EsgAlum	3	4,0	2	2,0	2,0	44	Desce	N			383	363	361
4.07	BoxEsp	1	1,0	1	1,0	2,0	41		N			409	429	431
4.08	Peitoris	3	2,0	2	1,0	2,0	42	Desce	N			381	361	359
4.09	Soleira			1		2,0	40	Desce	N			387	367	365
4.10	Vidros	2	2,0	1	2,0	2,0	42	Desce	N			387	367	365
5.	REVINTERNOS													
5.01	Emblnt	5	6,9	2	3,5	3,5	75		N			263	303	307
5.02	Reblnt	5	8,0	2	4,0	4,0	88		N			280	320	324
5.03	ChapTeto			1		4,0	80		N			263	303	307
5.04	EmbTeto			1		4,0	80		N			263	303	307

5.4.4. RESUMO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE

A planilha apresentada na Tabela 5-6 é utilizada como resumo do planejamento e do controle do prazo de entrega final. Nesta planilha podem ser visualizados o **prazo planejado** e o **prazo previsto** a partir das informações do planejamento operacional. O indicador do desvio da programação (DP) mostra a eficiência da programação tática na previsão da execução.

Tabela 5-6 - Planilha resumo do planejamento e controle

Prazos		
Início da obra	1	1-Out-97
Início dos pavimentos	160,0 dias	18-Mai-98
Repetição nos pavimentos	323,8 dias	
Complementação da obra	dias	
Prazo Total	483,8 dias	23-Set-99
Linha de Balanço		
Duração Unitária (tempo base)	93,0 dias	
Tempo de Ritmo	230,8 dias	
Total de pavimentos	21	
Ritmo	11,54 dias/pavimento	
	ou 1,885 pav./mês	
Pavimentos na primeira etapa	11 pavimentos	
Planejado		
Prazo Planejado	480 dias	20-Set-99
Diferença	(4) dias	
Executado		
Executado	372 dias	16-Abr-99
Prazo Previsto	478	16-Set-99
Diferença	(2) dias	
Desvio da Programação	-6%	

5.4.5. DOCUMENTOS DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO

A seguir são indicados os documentos do sistema de planejamento (Tabela 5-7) e o fluxo das informações no processo de planejamento tático (Figura 5-2). No estudo de caso foram utilizados no orçamento de custos e previsão de recursos os

documentos da própria empresa, emitidos pelo seu sistema de planejamento¹⁰. O fato destes documentos já serem sistematicamente utilizados pelas obras desta empresa facilitou em muito a implantação do planejamento operacional desenvolvido neste trabalho.

¹⁰ A empresa utiliza um sistema baseado em banco de dados, denominado SINCO (versão 4)

Tabela 5-7- Documentos do Planejamento

Documento	Origem	Destino	Informações
Planilha de Custos Unitários de Materiais	Planejamento	Materiais	Insumo, Unidade de Compra, Unidade de Custo, Preço Unitário
Planilha de Custos Unitário de Pessoal	Planejamento	Ree Humanos	Função, Unidade de Pagamento, Valor Unitário, Produtividade
Estrutura Preliminar do Orçamento	Planejamento	Gerente	Elemento de despesa, Código de Custo, Unidade de Custo ou Medição
Estrutura de Custos e Tarefas	Planejamento	Departamentos	Elemento de despesa, Código de Custo, Unidade de Custo ou Medição
Relação de Fases da Obra	Planejamento	Gerente	Lista de fases da obra considerando a estrutura preliminar do orçamento e os sub-sistemas construtivos da obra
Planilha de Custos de Serviços Sub-contratados	Planejamento	Gerente	Serviço, Unidade de Medição, Preço Unitário, Prazo de Execução ou Produtividade, Preço Total
Orçamento de Custos Operacional	Planejamento Gerente	Obra	Elementos de despesas, Unidade de Custo ou Medição, Valor Unitário, Valor Parcial
Resumo do Orçamento de Custos por Atividade	Planejamento	Obra	Atividades, Unidade de Custo, Valor Unitário Agregado, Valor Parcial

Tabela 5-7 - Documentos do Planejamento (continuação)

Documento	Origem	Destino	Informações
Resumo de Orçamento de Custos por Fase	Planejamento	Obra	Fases Construtivas, Valor Parcial, Valor Total
Relação de Materiais (por Grupo ou por Fase)	Planejamento	Obra	Materiais, Unidade de Compra, Preço Unitário, Quantidade Total, Preço Total
Planilha de Despesas Indiretas	Planejamento	Obra	Elemento de despesa, Unidade de Custo, Custo Unitário, Quantidade, Custo Total
Relação de Pessoal (por Grupo ou por Fase)	Planejamento	Obra	Função, Unidade de Custo, Custo Unitário, Quantidade Total, Custo Total
Relação ABC de Recursos (todos ou somente os grupos A e B)	Planejamento	Obra	Elemento de despesa, Unidade de Custo, Custo Unitário, Quantidade Total, Custo Total em Ordem Decrescente
Planilha de seqüência das atividades	Planejamento Gerente	Obra	Atividade, Atividade precedente, Defasagem, Descrição da precedência

Tabela 5-7 - Documentos do Planejamento (continuação)

Documento	Origem	Destino	Informações
Plano Tático	Planejamento Gerente	Obra	Atividade ou Macro-atividade, Abertura em Relação à Precedente, Justificativa da Abertura, Data de Início, Ciclo de Produção, Duração Total
Planejamento Executivo	Planejamento Gerente	Obra	Fase executiva, Abertura em Relação à Precedente, Justificativa da Abertura, Ciclo de Produção, Duração Total, Metas intermediárias
Planilha de Necessidade de Pessoal	Planejamento	Obra	Atividade, Função, Necessidade de Pessoal (Homemxhora), Equipe média, Duração Unitária
Planilha de Duração das Atividades	Planejamento	Obra	Atividade, Função, Necessidade de Pessoal, Equipe Adotada, Duração Unitária
Planilha de Balanceamento das Atividades	Planejamento	Obra	Atividade, Duração Unitária, Ciclo de Produção, Abertura para Balanceamento, Datas de Início e Término
Programação por Pavimentos	Planejamento	Obra	Atividade, Pavimento, Duração Unitária, Datas de Início e Término
Plano Tático Detalhado	Planejamento	Obra	Atividade, Data de Início e Término, Ciclo de Produção, Duração Total
Distribuição das Equipes	Planejamento	Obra	Equipe, Data de Início e Término, Custo Semanal, Custo Total

Tabela 5-7 - Documentos do Planejamento (continuação)

Documento	Origem	Destino	Informações
Custos dos Serviços	Planejamento	Obra	Serviço, Composição de Custos, Custo Unitário do Serviço
Orçamento de Custos	Planejamento	Obra	Atividade, Quantidade, Custo Unitário, Custo Total
Programação de Materiais	Planejamento	Obra	Material, Atividade, Período, Quantidade, Data de Compra, Prazo de Pagamento
Programação de Recursos	Planejamento	Obra	Período (Semana/Mês), Custos Parciais (Pessoal e Materiais), Custo Total do Período
Desembolso Financeiro	Planejamento	Obra	Período (Semana/Mês), Desembolso para os Recursos, Pagamentos da Administração, Custos Indiretos, Desembolso Total do Período

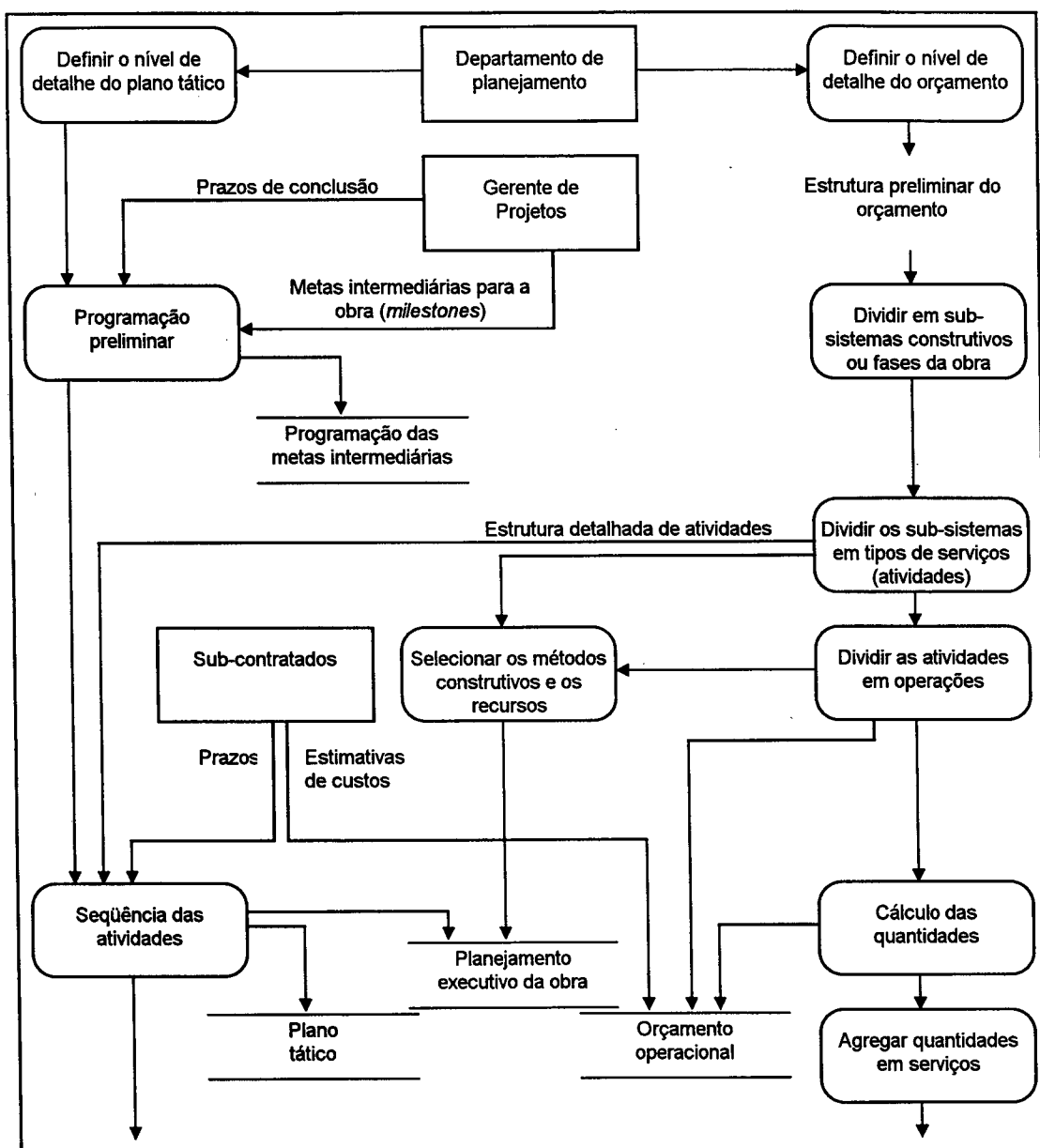


Figura 5-2 - Sistema de Planejamento - Diagrama de Fluxo de Dados

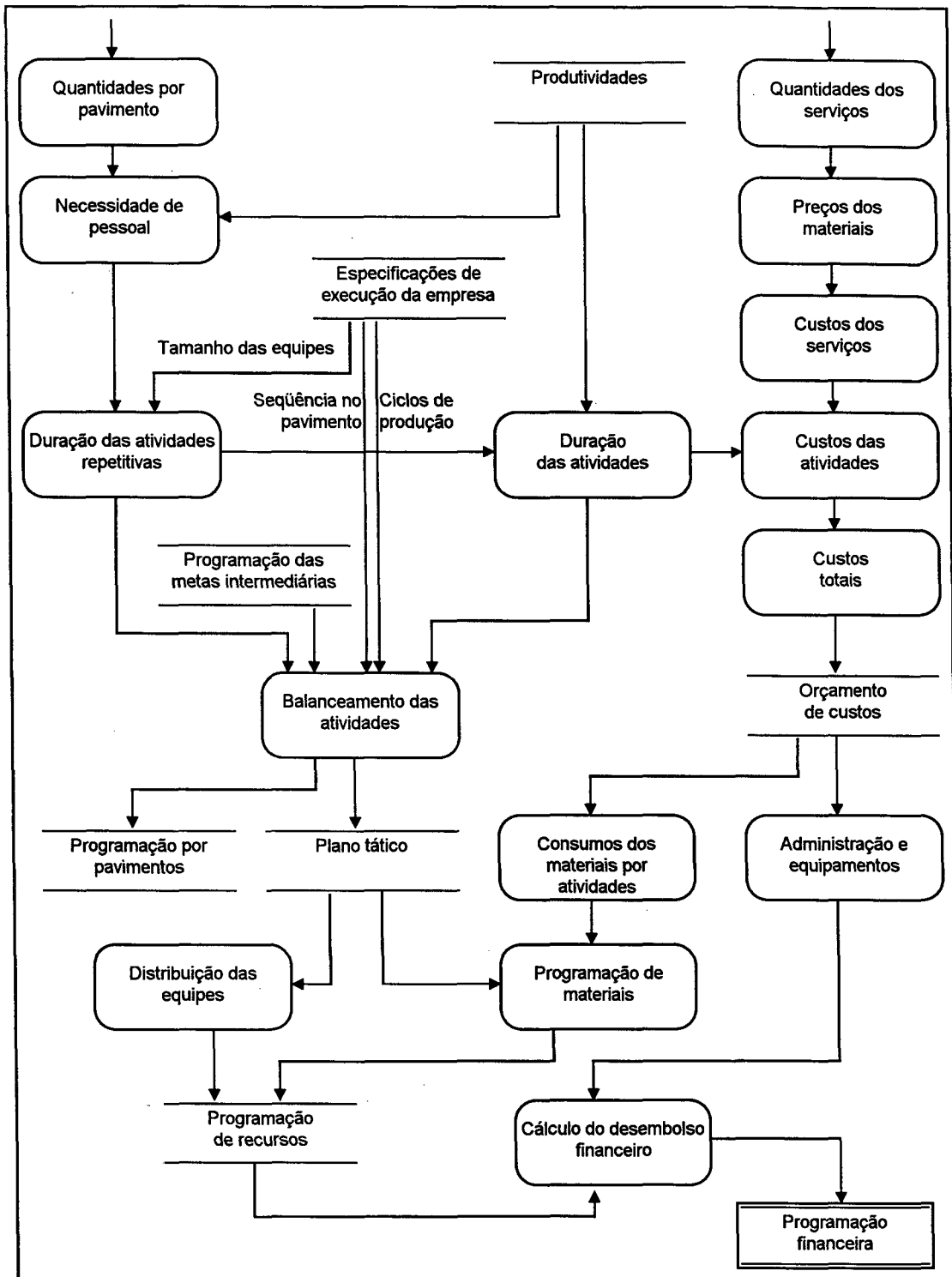


Figura 5-2 - Sistema de Planejamento - Diagrama de Fluxo de Dados (continuação)

5.4.6. DOCUMENTOS DO SISTEMA DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

O sistema de controle da produção abrange o planejamento operacional e o controle dos indicadores de desempenho. Os documentos mais utilizados neste sistema são os da programação de curto prazo e da programação de médio prazo descritos nos itens seguintes. A proposta inicial do sistema é de uma programação semanal (curto prazo) e de seis (semanas), mas esta pode ser modificada de acordo com a conveniência da equipe de administração. Ao término da programação de curto prazo os dados coletados sobre as tarefas concluídas são lançados nas planilhas de controle.

A seguir são indicados os documentos do sistema de controle da produção (Tabela 5-8) e o fluxo das informações no processo de planejamento tático (Figura 5-3). Todos estes documentos são gerados no canteiro de obras, e alguns são enviados para outros departamentos da empresa. No estudo de caso optou-se por centrar os trabalhos na produção e nenhum documento foi enviado para fora do canteiro, mantendo-se nestes casos os documentos já utilizados pela empresa.

O funcionamento do sistema de controle de produção pode estar baseado em planilhas ou cartões. Se forem utilizadas somente as planilhas, nestas são lançadas as informações de programação e após a conclusão das tarefas as informações de execução. Se forem utilizados os cartões de produção, nestes são lançadas informações de programação e também de execução, que depois são copiadas para as planilhas, ou lançadas diretamente no computador, com a finalidade de acompanhamento dos indicadores de desempenho e emissão dos relatórios. No caso do uso de cartões a programação de médio prazo é visualizada no **Quadro de Programação** e as metas de execução no **Quadro de Controle**.

Tabela 5-8- Documentos do Controle de Produção

Documento	Origem	Destino	Informações
Programação de Materiais	Obra		Material, procedimentos de aquisição, Datas previstas, Datas realizadas
Programação Financeira	Obra	Financeiro	Período, Desembolso financeiro
Plano de Médio Prazo (Planilha ou Quadro de Programação)	Obra		Atividades, tarefas ou procedimentos, Local, Responsável, Início e Término, Semanas previstas, Equipe
Acompanhamento das metas intermediárias (planilha ou Quadro de Controle)	Obra		Atividades, Data de conclusão dos pavimentos, Meta a ser atingida (número do pavimento em cada atividade)
Controle de Atividades	Obra		Atividade, Data de conclusão dos pavimentos, Previsão de conclusão, Desvio da Programação
Resumo da Programação de Atividades	Obra	Gerência de obras	Atividade, Datas de Início e Término Previstas, Data atual, Número de Pavimentos executados, Desvio da Programação, Previsão de conclusão
Plano de Curto Prazo (planilha ou cartão)	Obra		Tarefa, Local, Responsável, Equipe, Homens-hora a cada dia da execução, Preparação do serviço

Tabela 5-8 - Documentos do Controle de Produção (continuação)

Documento	Origem	Destino	Informações
Acompanhamento de Problemas de Gerenciamento	Obra	Gerência de obras	Problemas de execução ocorridos, ações realizadas, indicador da solução do problema
Planilha de Eficiência da Programação e Execução	Obra	Gerência de obras	Atividades, Número de Tarefas: Concluídas, Planejadas, Programadas no Curto Prazo, no Médio Prazo e no Plano Inicial, indicadores PPA, PAP e DP
Relatório de Eficiência da Execução	Obra	Gerência de obras	Percentual de Tarefas Concluídas, Problemas para Não Conclusão,
Controle de Recursos	Obra	Planejamento	Recurso, Quantidade prevista, Recursos consumida

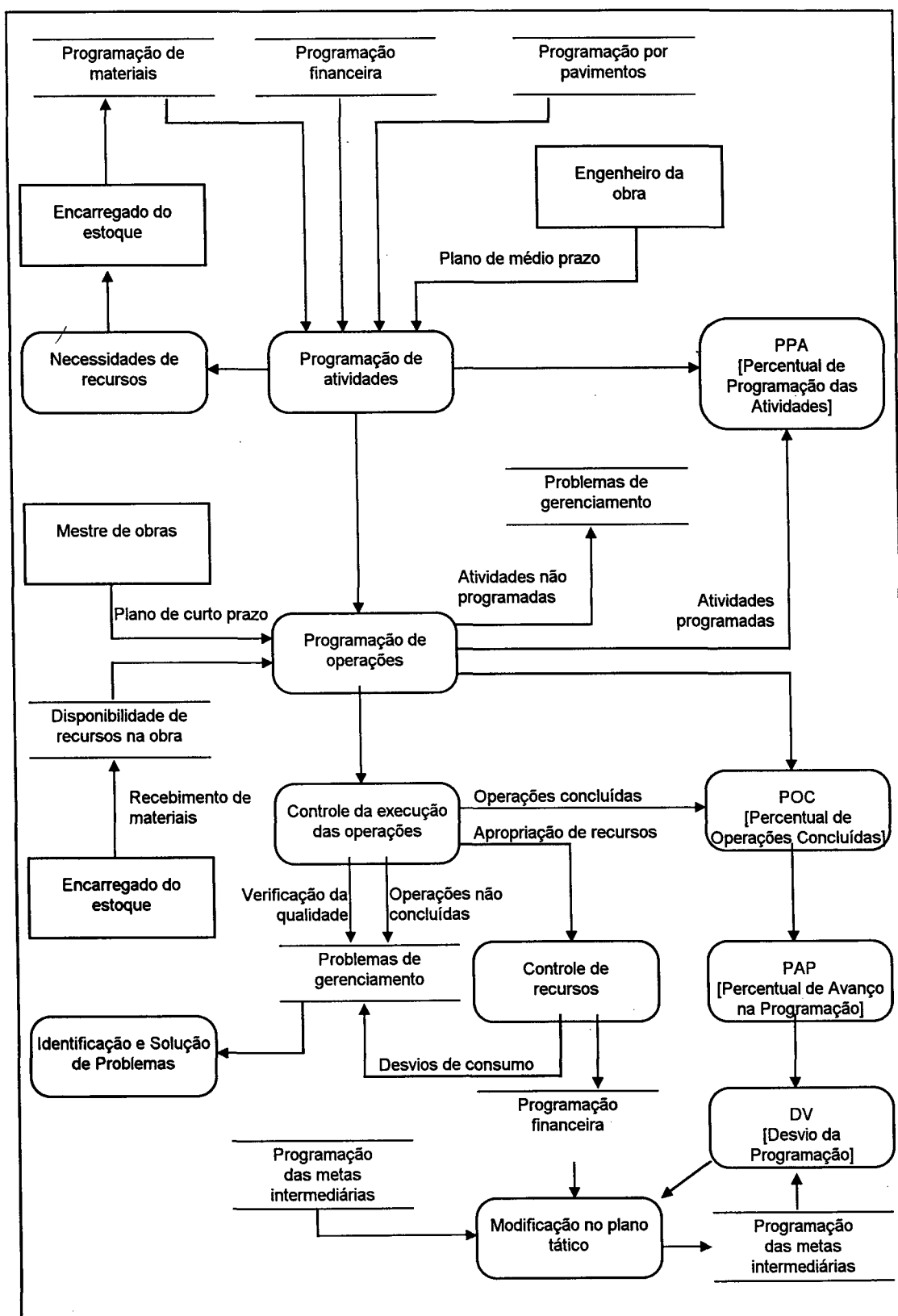


Figura 5-3 - Sistema de Controle de Produção - Diagrama de Fluxo de Dados

5.4.7. PROGRAMAÇÃO DE CURTO PRAZO

A programação de curto prazo, semanal, tem por objetivo indicar as operações que serão executadas na semana que se inicia. Estas operações são selecionadas entre as que tenham maior probabilidade de sucesso na conclusão no período da programação, isto é, aquelas em que todas as operações precedentes já tenham sido concluídas, os materiais já estejam no canteiro e outros recursos necessários estejam disponíveis. Ao mesmo tempo esta programação deve atender à programação de médio prazo e manter o fluxo de produção. As tarefas programadas são as planejadas na programação de médio prazo, com um nível de detalhe maior, atingindo todas as equipes de trabalho. A programação semanal pode ser realizada numa planilha (Figura 5-4) ou num cartão de produção (Figura 5-5). O cartão é individual para cada tarefa ou para um grupo de tarefas (quando as durações são muito pequenas).

O cartão de produção é utilizado para uma programação contínua das tarefas, como será explicado adiante. Uma vez concluída a tarefa as informações podem ser lançadas na planilha de controle ou diretamente no computador. Este trabalho pode ser organizado na própria planilha de programação (usada aqui como controle) e realizado semanalmente por um auxiliar administrativo.

O sucesso da programação de curto prazo é verificado pelo grau de conclusão das atividades programadas. O índice que verifica este grau de conclusão é o PPC - Percentual de tarefas Programadas Concluídas e é calculado na própria planilha de programação (Figura 5-4). Se a tarefa for concluída no prazo, assinale 1 na coluna PPC, se não for, assinale 0. Ao final da planilha some os valores da coluna PPC, e divida pelo total de tarefas (linhas) da programação, resultando no PPC.

OBRA:		PLANO SEMANAL					SEMANA DE:							
RESPONSÁVEL:		EQUIPE		APRONTAR		LOCAL	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	PPC	A: Razões para variações	
TAREFA	Nome	Tarefas precedentes ou procedimentos de preparação	Indicar o Local			Local e HH						0/1	Problemas encontrados para não conclusão da tarefa	

Figura 5-4 - Planilha de programação de curto prazo - semanal

Tarefa		<input type="text"/>	
Código:	<input type="text"/>	Atividade:	<input type="text"/>
Quantidade:	Prevista <input type="text"/>	Realizada	<input type="text"/>
Local:	<input type="text"/>	Responsável:	<input type="text"/>
Data de Início:	Prevista <input type="text"/>	Data de Término:	Prevista <input type="text"/>
	Realizada <input type="text"/>	Realizada	<input type="text"/>
Preparação da tarefa		<input type="text"/>	
Materiais e Equipamentos		<input type="text"/>	

Figura 5-5 - Cartão de produção

5.4.8. PROGRAMAÇÃO DE MÉDIO PRAZO

A programação de seis semanas tem por objetivo indicar as operações que serão executadas nas seis semanas seguintes à semana da programação semanal. Estas operações garantem a continuidade das atividades em andamento, de acordo com a programação mestre da obra. O objetivo mais específico e importante desta programação é trazer para discussão da equipe de programação todas as ações necessárias para o início de uma nova operação ou de uma nova atividade. Em conjunto com esta programação a equipe deve manter um acompanhamento do processo de aquisição dos materiais mais importantes para estas novas operações. As novas atividades incluídas nesta programação serão as planejadas pela programação mestre ou um desmembramento de alguma atividade desta programação em um nível de detalhe maior. Nem todas as equipes de trabalho são atingidas pela programação de médio prazo, pois somente as atividades ou operações principais são incluídas.

A programação de seis semanas pode ser elaborada num planilha (Figura 5-6) e também afixando-se os cartões de programação no Quadro de Programação (ver próximo item).

O sucesso da programação de seis semanas é medido em dois sentidos: no atendimento à programação de curto prazo, e no cumprimento da programação inicial. Se a programação de médio prazo estiver sendo bem conduzida e atendendo à

produção, todas as suas tarefas serão programadas nas programações das seis semanas e todas as tarefas previstas na programação inicial estarão sendo programadas no médio prazo. Os indicadores que medem esta programação são o PAP - Percentual de Atividades Planejadas em relação à programação inicial e o PPA - Percentual de Programação das Atividades em relação à programação de curto prazo. Estes indicadores são calculados na planilha de controle pois precisam ser acumulados a cada período, uma vez que a programação de médio prazo é continuamente atualizada.

5.4.9. QUADROS DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE

Os quadros de programação e controle são utilizados para facilitar a visualização da programação e assim melhorar o fluxo das informações. No quadro de programação (Figura 5-7) são colocados os cartões de tarefas programadas e no de quadro de controle (Figura 5-8) as tarefas executadas. Em função da quantidade de tarefas programadas o quadro de programação pode ser distribuídos pelos locais de execução no canteiro, nos pavimentos, por exemplo. E no quadro de controle podem ser afixadas as principais tarefas relacionadas com o planejamento tático, de modo que possa se acompanhar as metas de produção de planejamento. Estas metas podem ser estabelecidas mensalmente em termos de unidades concluídas para a tarefa (pavimentos, por exemplo), ou em termos de datas para conclusão total ou parcial das unidades. O quadro de programação possui quatro áreas distintas identificadas pelas cores Verde, Branca, Amarela, Vermelha, descritas a seguir:

Verde: são colocados os cartões da programação de curto prazo, que estão sendo executados;

Branca: são colocados os cartões da programação de médio prazo, separados por semana de início, mas que estejam com a preparação executada - todos os materiais e equipamentos no canteiro e equipes contratadas;

Amarela: são colocados os cartões que têm algum procedimento de preparação em execução, como por exemplo, aquisição do material (o mais comum);

Vermelha: são colocados os cartões que estavam na área Amarela, mas cujo prazo esteja se esgotando para o início da tarefa e os problemas ainda não estejam resolvidos.

12-Abr	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801
05-Abr	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801
29-Mar	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801
22-Mar	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801
15-Mar	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801
08-Mar	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Mámore em parede 1301	Mámore em parede 1301	Fiação elétrica 201	Tubulação elétrica de aço 1801

Figura 5-7 - Quadro de programação

5.5. IMPLANTAÇÃO

A proposta é de um sistema aberto que possa ser adaptado às necessidades da empresa. Para isso a implantação deve ser progressiva e fazendo uso dos sistemas de processamento já existentes na empresa. Muitos destes sistemas, em função das suas capacidades, principalmente de emissão de relatórios operacionais, não serão substituídos, e sim integrados ou adaptados ao novo sistema.

Como o sistema é estruturado em planilhas, as novas informações podem ser coletadas inicialmente de forma manual, e sendo depois armazenadas em computador. Desta forma a empresa tem condições de fazer progressivas adaptações: do sistema às suas necessidades, dos sistemas existentes ao novo sistema, e dos seus procedimentos às novas informações disponíveis.

Com esta progressiva adaptação às necessidades da empresa o sistema passará a ser utilizado totalmente em computador, aproveitando-se da grande quantidade de dados que se vão sendo coletados e que podem ser utilizados para consulta e melhoria de parâmetros para tomada de decisões.

A implantação e treinamento do sistema deve iniciar pelas obras, pois a prioridade do tratamento das informações no sistema é no âmbito operacional da obra. Estas informações já vão sendo utilizadas para as decisões operacionais, e influenciando os "clientes" de cada obra a interagir com o novo modelo de gestão das informações. Em etapas posteriores estes "clientes" adaptam os seus sistemas de informações e, provavelmente, de gestão destas informações às novas necessidades. Assim os departamentos da empresa, fornecedores e prestadores de serviços ficam integrados à obra através de suas informações, mas não necessariamente com um sistema único de informações.

Na obra o último passo da implantação é o uso dos cartões de produção pois estes exigem um fluxo mais rápido das informações e portanto a participação de todos os envolvidos com a produção e administração. No estudo de caso os cartões de produção foram implantados experimentalmente, mantendo-se paralelamente as planilhas de programação.

CAPÍTULO 6

6. INTERVENÇÃO NA PROGRAMAÇÃO DE UMA OBRA

O sistema desenvolvido foi aplicado no canteiro de obras do edifício Rio Mackenzie, em Curitiba, da construtora Irmãos Thá S/A, no período de três meses, em novembro de 1998, janeiro e fevereiro de 1999. O processo de implantação teve a participação de toda a equipe administrativa e de coordenação da obra, composta de um engenheiro, quatro funcionários administrativos, o mestre de obras e um encarregado de execução. Durante este período o sistema foi utilizado para a programação de serviços de oito subcontratados (empreiteiros especializados) e cerca de quarenta operários profissionais e vinte ajudantes.

A empresa é uma construtora de médio porte, fundada há 101 anos em Curitiba. Atualmente atua na construção e incorporação de edifícios altos residenciais de médio e alto padrão e comerciais e na execução de obras de empreitada global para clientes do ramo industrial e comercial na Região Metropolitana de Curitiba e em outros estados vizinhos. A construtora tem cerca de 700 funcionários próprios e 700 subcontratados, e está atualmente executando obras em 20 canteiros diferentes, totalizando 96.000 m² de área construída.

A empresa tem um departamento de Planejamento e Controle da Produção (PCP) que executa todas as tarefas relacionadas ao planejamento da obra e ao processamento das avaliações de acompanhamento de recursos materiais, humanos e financeiros. A empresa há muitos anos possui sistemas informatizados para os processos administrativos, técnicos - incluindo orçamento de custos - e gerenciais. Recentemente vem desenvolvendo a aplicação de sistemas de gerenciamento de projetos para elaboração do planejamento tático das atividades de execução de obras. Diversos departamentos da administração da empresa e também o canteiro de obras desta intervenção estão desenvolvendo os procedimentos para certificação pelas normas NBR/ISO 9000. Na execução de obras a empresa desenvolve estudos de melhoria na tecnologia de construção e nos processos de montagem de componentes através da central de fornecimentos de componentes para as obras.

A empresa tem como característica principal dos seus produtos o alto padrão de qualidade e acabamento, tendo atuado durante muitos anos na construção

de edifícios residenciais em sistema de condomínio. Atualmente a empresa está numa fase de modificação deste perfil de atuação, aumentando sua participação no mercado de construção para clientes comerciais e industriais. Esta mudança está reduzindo o prazo médio das obras executadas pela empresa, o que tem exigido uma mudança do corpo técnico em relação ao controle de produção e de procedimentos voltados para a qualidade dos serviços.

6.1. OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO

O objetivo principal desta intervenção foi a implantação do subsistema de programação da produção no canteiro de obras. Em uma primeira reunião de apresentação da proposta para o engenheiro da obra, foram definidos o prazo de implantação, de três meses, e os objetivos do trabalho. Após este prazo, se a implantação fosse bem sucedida e o sistema se provasse eficaz para o controle de produção, este seria mantido em funcionamento até o final do empreendimento previsto para setembro de 1999.

Os objetivos específicos a serem atingidos no prazo determinado para o trabalho de intervenção foram:

- a) Treinar a equipe responsável pelo controle de produção nas ferramentas do sistema;
- b) Implantar o plano de curto prazo sob responsabilidade do mestre-de-obras;
- c) Implantar o plano de médio prazo sob responsabilidade do engenheiro;
- d) Facilitar a visualização da programação, suas metas e situação atual de cada atividade, de modo a obter participação de todos os funcionários da obra no atendimento à programação;
- e) Reduzir o percentual de não cumprimento às programações e de problemas na execução;
- f) Aplicar o controle de execução e acompanhamento da eficiência do sistema, mantendo o engenheiro informado do atendimento da

programação em relação à programação mestra da obra. Os procedimentos de controle serão realizados pelo pesquisador.

Nenhum objetivo de implantação no canteiro de obras foi determinado em relação ao sistema de planejamento, pois o engenheiro dispunha de todas as informações de planejamento necessárias para a realização do controle de produção na obra, indicadas no capítulo anterior. O controle de recursos também é correntemente realizado pela obra, através do controle dos materiais em estoque e planilhas de avaliação processados pelo Departamento de Planejamento e Controle da Produção. No entanto, para permitir o processamento e acompanhamento do controle de produção no computador, foi necessário desenvolver a programação tática da obra no sistema. Para desenvolver esta programação foram utilizadas informações das equipes efetivas na obra, e as durações previstas pelo engenheiro para a maior parte das atividades foram simuladas no sistema, conforme descrito no item 6.4 adiante.

Para a programação de materiais o subsistema de programação prevê a implantação de procedimentos de recebimento de materiais, de atualização e acompanhamento da programação de compras. Para a implantação efetiva destes procedimentos é necessário o envolvimento do setor de compras e da central de produção, e também dos principais fornecedores da empresa. Considerando o prazo disponível para a implantação e de modo a não prejudicar o andamento dos trabalhos de implantação, em relação à programação de materiais, foi prevista apenas a verificação de disponibilidade de materiais necessária para suprir a programação, isto é, o controle de aquisição de materiais e dos prazos de entrega.

Em relação à programação de contratação de pessoal, no prazo previsto para a implantação a equipe efetiva na obra deveria ter poucas alterações, com a entrada de alguns novos subcontratados. Assim nenhum procedimento voltado a esta programação foi previsto.

O controle de recursos já vem sendo realizado pela empresa em todos os canteiros de obras, com o levantamento mensal das quantidades consumidas e horas de trabalho, e o acompanhamento financeiro. A apropriação das horas de trabalho nas operações é realizada na ficha CQE (Controle de Qualidade de Execução), assim como a medição da quantidade de serviço executada, e a verificação da qualidade final da operação. De acordo com o engenheiro, a obra não apresenta problemas em relação aos indicadores de consumo de recursos e ao fluxo de caixa. Assim, nenhum objetivo foi

determinado para implantar o controle de recursos durante a intervenção. O uso da ficha CQE realiza a verificação do volume de serviço para as atividades previsto no sistema.

Concluindo, o processo de implantação do subsistema de controle da produção dedicou toda a atenção à Programação de atividades, Programação de operações, e Controle da execução das operações (Ver Figura 5.2).

As ferramentas computacionais não foram implantadas no canteiro de obras, tendo sido utilizadas pelo pesquisador para dar suporte à implantação do sistema de informação, e avaliadas ao final do trabalho em termos deste objetivo e da aplicabilidade do computador nos procedimentos previstos pelo sistema.

6.2. CARACTERÍSTICAS DO CANTEIRO DE OBRAS

A construção do empreendimento iniciou em outubro de 1997, com duração prevista para 24 meses (término em setembro de 1999). As principais características do empreendimento estão apresentadas na Tabela 6.1.

Tabela 6-1 - Características do empreendimento

Número de pavimentos tipo	20
Número de apartamentos no tipo:	1
Número de pavimentos abaixo do tipo:	1
Número de subsolos:	2
Número de apartamentos de cobertura:	1
Área construída do tipo:	305 m ²
Número de apartamento do térreo:	1
Área construída dos subsolos:	735 m ²
Área coberta do ático:	100 m ²

No início da implantação a obra estava com sua execução na conclusão do fechamento em alvenaria, conforme a Tabela 6.2. A equipe de execução apresentava 44 profissionais, na maior parte pedreiros e carpinteiros, e 17 ajudantes.

Tabela 6-2- Situação das etapas de execução no início da implantação

Etapas de execução	Situação
Fundações	concluída
Supra-estrutura	em execução (ático)
Alvenaria	em execução (16º. pav.)
Revestimento externo	em execução (emboço)
Revestimento interno	em execução (emboço)
Esquadrias	em execução (contra-marcos)
Pisos	não iniciada
Prumadas	concluída
Tubulações	em execução (6º. pav.)
Acabamentos	não iniciada

O canteiro de obras é supervisionado por um engenheiro, que supervisiona mais três obras do mesmo porte na empresa. A equipe administrativa no canteiro de obras conta com um técnico, um almoxarife, e desde janeiro de 1999, com um auxiliar de almoxarife e um estagiário. A equipe de produção é coordenada por um mestre de acabamento e um encarregado de acabamento (contramestre), na obra desde junho de 1998. Atualmente trabalham no canteiro sessenta e dois operários, sendo quinze funcionários especializados da empresa (pedreiros e carpinteiros), treze ajudantes, dois guincheiros, um porteiro, e trinta e quatro funcionários de oito empresas subcontratadas.

Outros estudos estão sendo realizados no canteiro de obras, voltados ao sistema de qualidade e informações, quais sejam, a implantação da NBR/ISO 9002, controle de estoque em computador, desenvolvimento em computador de sistema gerencial de consumo de materiais e sistema de custo da obra, e desenvolvimento de novas tecnologias de construção.

O sistema de administração da produção existente no canteiro de obras pode ser descrito como composto pelas seguintes funções e documentos principais:

- Projetos de engenharia e executivo;
- Caderno de Orçamento Executivo, elaborado pelo Departamento de Planejamento e Controle de Produção, em sistema informatizado de orçamentos;
- Programação mestra, elaborada pelo engenheiro da obra com base em sua experiência, indicando para as principais atividades do orçamento executivo os pavimentos a serem concluídos mensalmente;

- Programação financeira estimativa;
- Depósito, com controle de materiais em estoque e requisições de compra;
- Ficha de Controle de Qualidade de Execução (CQE), para verificação da qualidade dos serviços durante a execução e na sua conclusão e medição dos serviços;
- Planilha de posição física da obra, elaborada mensalmente;
- Planilha de acompanhamento de insumos, elaborada mensalmente para os principais insumos (materiais e recursos humanos). A cada seis meses estas planilhas são processadas pelo Departamento de Planejamento e Controle da Produção juntamente com outras informações de controle da obra;
- Planilha de controle financeiro mensal, digitada em computador, e enviada ao escritório;
- Orçamentos e especificações de personalização das unidades, elaborados por um setor específico na área técnica da empresa.

No canteiro de obras há um microcomputador e uma impressora, utilizados para preenchimentos de planilhas de uso da obra, e de informações que serão enviadas ao escritório gravadas em disquetes.

Não há nenhum envolvimento direto do Departamento de PCP nas atividades de execução, planejamento ou controle no canteiro de obras. As informações de controle e avaliação são coletadas pela própria equipe da obra.

A atividade de planejamento da obra é totalmente realizada pelo Departamento de PCP, após a conclusão dos projetos, no início da obra. O tempo dedicado ao planejamento de uma obra foi estimado em 1,1 homem-mês, sendo utilizado para elaboração do Caderno de Orçamento Executivo. O engenheiro da obra despendeu menos de uma semana no planejamento da obra, por ser um edifício residencial dentro dos padrões de experiência da empresa, tempo este utilizado principalmente para elaboração da programação mestra. O engenheiro afirmou que utiliza todas as informações de planejamento recebidas, bem como as informações de controle elaboradas durante a obra. No entanto, observa que falta apenas uma

programação mestra melhor elaborada. Não há nenhuma função voltada à programação de atividades no canteiro de obras.

6.3. ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO

Em 23 de outubro de 1998 o pesquisador apresentou a proposta de implantação ao engenheiro da obra. Na semana seguinte o pesquisador coletou informações sobre o empreendimento, os serviços em andamento e o pessoal efetivo em obra. No dia 30 de outubro o pesquisador explicou em detalhes o sistema que seria implantado e os objetivos que poderiam ser alcançados com o sucesso da implantação, e o engenheiro autorizou o início dos trabalhos.

Considerando o estágio em que se encontra a construção do empreendimento, o autor decidiu realizar o plano de curto prazo para o período de uma semana, e o plano de médio prazo para o período de seis semanas. Após a implantação do sistema, e com a continuidade do seu uso, estes prazos poderiam ser alterados visando outros objetivos, como descrito no Capítulo 5.

No dia 12 de novembro o pesquisador entregou a planilha de programação semanal, explicando como as informações seriam anotadas. No dia seguinte, sexta-feira, o engenheiro e o mestre-de-obras anotaram a programação na planilha, com orientação do pesquisador. No final desta segunda semana, no dia 20 de novembro, foram iniciadas as reuniões semanais de programação da obra com a participação do engenheiro, do mestre-de-obras, o técnico da obra, e do pesquisador. Nesta primeira reunião o pesquisador explicou o funcionamento do sistema que seria implantado, a partir do entendimento que a equipe apresentou em relação ao uso da planilha semanal. A planilha foi modificada para a forma estabelecida na reunião, voltada a facilitar o seu uso. Nesta reunião foi, então, realizada a avaliação da programação da semana, alcançando um índice de execução de 86%.

O processo de implantação foi dividido em três etapas:

1. Implantação da programação semanal e treinamento, com duração de quatro semanas;
2. Implantação da programação de médio prazo (seis semanas), com duração de quatro semanas;

3. Desenvolvimento das programações sem participação direta do pesquisador e melhorias nos procedimentos de programação e na sua eficiência, com duração de quatro semanas. As melhorias serão voltadas principalmente a reduzir o tempo despendido pela equipe responsável, aumentar a visualização da programação e do controle, e aumentar o envolvimento dos funcionários de produção, direcionado ao uso dos quadros de programação e controle, e uso dos cartões de produção.

Não se pretendia implantar os programas de computador para o acompanhamento da programação, que foram executados pelo pesquisador.

A implantação seria toda apoiada em reuniões semanais, marcadas para todas as sextas-feiras, às 14 horas. Entre os dias 13 de novembro de 1998 e 12 de março de 1999 houve 13 reuniões semanais.

6.3.1. TREINAMENTO

O treinamento proposto para o processo de implantação foi aplicado e, como demonstra a avaliação da eficiência do sistema e sua aceitação, bem sucedido.

Na metodologia utilizada pelo pesquisador, cada nova ferramenta introduzida passa por três fases de implantação:

1. Aplicação sob coordenação do pesquisador. O pesquisador é responsável pela aplicação da ferramenta, indicando à equipe quais as informações a serem utilizadas e quais os procedimentos. Nesta fase o computador não é utilizado, exceto para transcrever documentos elaborados manualmente;
2. Aplicação sob supervisão do pesquisador. A equipe passa a ser responsável pela aplicação da ferramenta, e o pesquisador deve ficar atento a que todas as informações sejam consideradas, e quando necessário discutir com a equipe a forma de uso da ferramenta. Nesta fase o computador pode ser utilizado como suporte à atualização das informações, reduzindo o tempo despendido;

3. Aplicação sem a supervisão do pesquisador. A equipe passa a ser responsável também pela eficiência da aplicação da ferramenta. O pesquisador continua monitorando todo o processo, tendo assim condições de verificar eventuais quedas de eficiência e, então, buscar juntamente com a equipe as suas causas e soluções.

O treinamento foi sempre realizado durante as reuniões semanais utilizadas para a programação da produção. O uso das ferramentas computacionais não fez parte do treinamento.

6.3.2. PRIMEIRA ETAPA - IMPLANTAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO SEMANAL

A primeira etapa da implantação foi iniciada já na primeira reunião de trabalho, no dia 13 de novembro de 1998. No procedimento adotado, a programação seria desenvolvida na sexta-feira, para as tarefas a serem executadas na semana seguinte. Na sexta-feira seguinte, no início da reunião, esta programação seria avaliada. Nos primeiros dois meses de programação semanal o engenheiro da obra é quem preencheu a planilha, juntamente com o mestre-de-obras. No início de fevereiro o estagiário de engenharia é quem passou a fazer este trabalho a partir das informações do mestre.

Nesta primeira etapa foi implantada a planilha de programação semanal, atendendo ao objetivo planejado. Todos os procedimentos foram realizados manualmente, à exceção dos relatórios de acompanhamento da execução elaborados pelo pesquisador. O estágio dos objetivos traçados inicialmente (item 6.1) após esta primeira etapa foi:

- Treinamento do engenheiro e mestre-de-obras na aplicação da planilha de programação semanal. Objetivo atingido.

- Implantação da planilha de programação semanal sob responsabilidade do mestre-de-obras. Objetivo parcialmente atingido, pois ainda devia melhorar o percentual do pessoal envolvido nas tarefas programadas, que ainda não atinge todo o efetivo de produção da obra. Nesta etapa a média semanal foi de 53% do efetivo da obra executando tarefas programadas. Este percentual foi baixo devido à conclusão da supra-estrutura com muitos serviços de carpintaria e concretagem não sendo programados.

Ao final desta primeira etapa, após o primeiro mês de implantação, no dia nove de dezembro, antes do início das férias coletivas, o engenheiro da obra fez um balanço do desenvolvimento da programação, estabelecendo metas para o final do mês de fevereiro, mostrados na Tabela 6.3. O resultado final desta primeira etapa foi a compreensão pelo engenheiro de que o novo sistema de programação é eficaz e poderá trazer benefícios para o controle de produção no canteiro de obras.

Tabela 6-3 - Situação atual e metas, elaborada pelo administrador da obra

Objetivo	Situação atual (dez/98)	Meta (fev/99)
Percentual de tarefas programadas concluídas (PPC)	em torno de 80% (ver Tabela 6.4).	Meta de 100%;
Visualização da programação:	Empreiteiros conhecem, mas ainda não incorporaram, os funcionários ainda não conhecem.	Empreiteiros e funcionários participem e sejam responsáveis;
Processo de programação	não tem confiabilidade e não flui sem a sua presença.	ter confiabilidade e a partir do dia 1º de março fluir sem a sua participação.

6.3.3. SEGUNDA ETAPA - IMPLANTAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO DE SEIS SEMANAS

A segunda etapa da implantação foi iniciada no segundo mês, após o retorno do período de férias coletivas no início do ano. A primeira semana de trabalho foi dedicada à retomada dos serviços, ao início de novas equipes e ao recebimento de novos materiais. Por causa do período de férias estes trabalhos tomaram grande parte do tempo da equipe, não sendo então realizada nenhuma programação.

A primeira programação de seis semanas foi realizada no dia 16 de janeiro para as semanas de 25/Jan a 01/Mar. De acordo com o procedimento adotado esta programação foi desenvolvida na mesma reunião, às sextas-feiras. Até o final de mês de março poucas alterações estavam previstas para o plano de médio prazo, não havendo necessidade de uma participação direta do engenheiro na verificação desta programação. O desenvolvimento de um ritmo de produção na maior parte das atividades facilitou bastante o acompanhamento da execução.

Na semana de 5 de fevereiro o pesquisador introduziu uma planilha para gerenciamento da programação dos principais materiais, que antes era realizado na programação de seis semanas. Nesta planilha a equipe deveria prever e controlar as datas para execução dos procedimentos voltados à aquisição destes materiais, desde o levantamento de quantidades até a entrega do material no canteiro. O estagiário de engenharia e o almoxarife seriam os responsáveis pela verificação do andamento destes procedimentos. Ao almoxarife foi dada a tarefa de garantir a entrega do material na data prevista, e nos casos em que não fosse possível cumprir a data, comunicar a equipe durante a reunião semanal de programação.

Ao final desta segunda etapa foi implantada a programação de seis semanas, atendendo ao objetivo planejado. A partir da segunda semana o pesquisador passou a dar suporte computacional à elaboração da programação de seis semanas, procurando reduzir o tempo despendido com o preenchimento das planilhas. O estágio dos objetivos traçados inicialmente (item 6.1) após esta segunda etapa foi:

- Treinamento do engenheiro na aplicação da planilha de programação de seis semanas. Objetivo atingido;
- Implantação da planilha de programação de seis semanas sob responsabilidade do engenheiro da obra. Objetivo atingido;
- Facilidade na visualização da programação. A programação semanal é redigida numa planilha de computador e afixada no edital do canteiro, e a programação de seis semanas afixada no edital da sala de engenharia. Segundo o mestre-de-obras os empreiteiros já consultam a programação semanal no início da semana. Objetivo parcialmente atingido, pois a qualidade da visualização ainda não é boa. O tamanho da planilha é muito pequeno e a linguagem não é padronizada;
- Aplicação dos procedimentos de controle de execução e indicadores de eficiência do sistema, mantendo o engenheiro a par do atendimento ao cronograma mestre. Ainda não estavam sendo mantidos todos os indicadores previstos.

6.3.4. CONCLUSÃO DA IMPLANTAÇÃO

A última etapa da implantação teve o objetivo de manter os procedimentos em uso sem a intervenção direta do pesquisador. Esta etapa foi iniciada no terceiro mês da implantação, a partir da reunião semanal do dia 19 de fevereiro.

Nesta reunião o engenheiro já não participou, como estava previsto para ocorrer apenas no final deste mês. O estagiário de engenharia passou a elaborar a programação semanal, com as informações do mestre-de-obras, e também verificar a programação de seis semanas.

No dia oito de março o pesquisador introduziu o uso do cartão de produção e do quadro de programação, em substituição à planilha de programação semanal. Com o uso do cartão de produção o acompanhamento das metas de produção seria realizado com o quadro de controle da Linha de Balanço. O cartão de produção foi simplificado retirando-se a anotação da quantidade de serviço executada e o tamanho da equipe que executou a operação. Seguindo o mesmo processo de implantação e treinamento das demais ferramentas o quadro de programação foi colocado em uso, construído num único local, no edital do canteiro, onde seriam colocados todos os cartões de produção.

Ao final do período de implantação o estágio dos objetivos inicialmente traçados (item 6.1) foi:

- Facilitar a visualização da programação. Objetivo parcialmente atingido. As formas de visualização propostas na tese foram introduzidas, porém seu uso ainda precisava ser mais bem aproveitado;

- Reduzir o percentual de não cumprimento às programações e de problemas na execução. Objetivo parcialmente atingido. O percentual de tarefas concluídas (PPC) se manteve alto (acima de 80%), mas sem procedimentos sistemáticos de solução dos problemas de modo a se atingir um nível mais alto de eficiência, o que mantinha o PPC oscilando a cada semana.

- Aplicar o controle de execução e acompanhamento da eficiência do sistema, mantendo o engenheiro informado do atendimento da programação em relação à programação mestre da obra. Objetivo atingido. Os procedimentos de controle e resultados dos indicadores de eficiência passaram a ser realizados semanalmente pelo pesquisador e apresentados ao engenheiro.

Nas últimas reuniões o pesquisador utilizou o tempo da reunião para apresentar e discutir os resultados dos indicadores da programação.

6.4. PLANEJAMENTO INICIAL

O planejamento inicial foi realizado a partir dos índices de volumes de serviço, equipes usuais e produtividade adotado no sistema a partir dos estudos preliminares deste trabalho. Como o objetivo da implantação é o controle de produção, as durações das atividades a serem executadas no período de implantação foram ajustadas ao cronograma elaborado pelo administrador da obra modificando-se o ritmo de execução. As informações decorrentes de ajuste (tamanho da equipe e produtividade) seriam comparadas com os levantamentos do estudo. A Tabela 6-4 apresenta estas informações.

Tabela 6-4 – Planejamento inicial (tático)

Planilha 10		PROGRAMAÇÃO POR LINHA DE								
Item	Descrição	Equipe (oficiais)	Duração Tipo	Número de Equipes	Ritmo	Duração Total	Sentido	Duas etapas?	Marco	Defasagem
1.	SUPRAESTRUTURA									
1.01	Forma	12	3,8	1	6,0	123		N	150	
1.02	Armad	8	5,4	1	6,0	125		N		
1.03	Concr	6	1,6	1	6,0	121		N		
1.04	Desfor	6	1,0	1	6,0	121		N		
2.	ALVENARIA									
2.01	MarcAlv	2	3,2	1	3,2	67		N		
2.02	AlvExt	7	4,2	1	4,2	88		N		
2.03	AlvInt	6	10,9	2	5,3	116		N		
2.04	EncAlv	1	4,0	1	4,0	84		N		
2.05	ChapInt			1	4,0	80		N		
3.	TUBULAÇÕES									
3.01	PrumHidr	2	2,0	1	2,0	42		N		
3.02	PrumElét	1	1,0	1	2,0	41		N		
3.03	RasgHidr	1	2,0	1	4,0	82		N		
3.04	RasgElét	2	3,0	1	4,0	83		N		
3.05	InstHidr	3	3,0	1	4,0	83		N		
3.06	InstEsg	2	3,0	1	4,0	83		N		
3.07	InstGas	1	5,0	1	5,0	105		N		
3.08	InstElet	4	4,0	1	4,0	84		N		
3.09	FechRasg	1	2,0	1	4,0	82		N		
4.	ESQUADRIAS									
4.01	ContAlum	2	1,0	1	1,0	21	Desce	S		
4.02	ContMad	2	1,0	1	4,0	81		N		71
4.03	Caixilhos	2	2,0	1	2,0	42		N		
4.04	PortMad	7	2,0	1	2,0	42		N		
4.05	RodMad	4	3,5	1	2,0	43		N		
4.06	EsqAlum	3	4,0	2	2,0	44	Desce	N		
4.07	BoxEsp	1	1,0	1	2,0	41		N		
4.08	Peitoris	3	2,0	2	2,0	42	Desce	N		
4.09	Soleira			1	2,0	40	Desce	N		
4.10	Vidros	2	2,0	1	2,0	42	Desce	N		
5.	REVINTERNOS									
5.01	EmbInt	6	6,9	2	3,5	75		N		
5.02	RebInt	8	8,0	2	4,0	88		N		
5.03	ChapTeto			1	4,0	80		N		
5.04	EmbTeto			1	4,0	80		N		
5.05	RebTeto	6	3,3	1	3,6	75		N		
5.06	Azulejo	5	2,6	1	3,0	62		N		
5.07	PedraPar	2	2,1	1	3,0	62		N		
5.08	ForroInt	4	3,0	1	3,0	63		N		
5.09	EmbEsc	2	2,0	1	2,0	42		N		
6.	REEXTERNOS									
6.01	ChapExt	6	1,0	1	1,0	21	Desce	S		
6.02	EmbExt	6	3,0	1	3,0	63	Desce	S		
6.03	RebExt			1	3,0	60	Desce	S		
6.04	CerExt	3	2,0	1	2,0	42	Desce	N	339	
6.05	ForroExt	1	2,0	1	2,0	42		N		
6.06	PedraFach	2	2,0	1	2,0	42		N		
7.	PISOS									
7.01	ReguSup	2	2,0	1	2,0	42		N		
7.02	Imperm	2	2,0	1	2,0	42		N		
7.03	Contpis	4	1,0	1	2,0	41		N		
7.04	PisoCim	3	1,0	1	2,0	41		N		
7.05	PisoCer	5	3,0	1	3,0	63		N		
7.06	PedraPis	1	2,0	1	3,0	62		N		
7.07	PisLamin	3	3,0	1	2,0	43		N		
7.08	PisoHall	2	2,0	1	2,0	42		N		
8.	INSTALAÇÕES									
8.01	AcalncG			1	2,0	40		N		

6.5. PROGRAMAÇÃO SEMANAL

A programação semanal tem por objetivo indicar as operações que serão executadas na semana que se inicia. A programação semanal pode ser realizada numa planilha de preenchimento manual. Esta característica a torna de fácil implantação e, por isso, foi escolhida como primeira ferramenta a ser utilizada na implantação do sistema. A partir do momento que esta planilha esteja em uso corrente, e adequada às ferramentas de programação de médio prazo e de controle, pode ser substituída pelos cartões de produção ou uma planilha em computador. No início da implantação várias modificações foram realizadas na planilha até se chegar ao modelo adotado, cujo exemplo de aplicação é mostrado na Figura 6-1. Após o uso dos cartões de produção a planilha de programação passou a ser utilizada apenas para documentação das operações programadas e verificação das operações concluídas.

COD. ATIVIDADE	EQUIPE	INÍCIO	TÉRMINO	08/Fev	15/Fev	22/Fev	01/Mar	08/Mar	15/Mar	APRONTAR
2.02 ALVENARIA	ZÉ RAUL		28/Fev	AT	CM					
2.03 ALVENARIA EXTERNA					B					
2.03 ALVENARIA INTERNA	ZÉ RAUL		28/Fev	2001	AT					
3.05 DISTRIBUIÇÃO	GIL		28/Fev	101 AT	CM (B)					
3.05 DISTRIBUIÇÃO				1901	101					
3.06 HIDRÁULICA				2001	AT					
3.06 TUBULAÇÃO	GIL	25/Jan	28/Fev	1801 AT	1201 1301	1701 1801				
3.08 ESGOTO TIPO				701 801	1401 1501	1901 2001				
3.08 TUBULAÇÃO	MC		31/Jan	901 1001	1601	AT 101				
3.08 PAREDE - ELÉTRICA	CASTELO			1101	101					
4.10 VIDROS		01/Abr	31/Mai	1801		CONTR. DO FORNEC				
5.01 EMBOÇO	MONZA		28/Fev	1501	1801	1901	101			+1 EQ EMPREIT 25/JAN A TARDE 1 EQUIPE THÁ NO ÁTICO 17/FEV
5.02 CALFINO	MONZA		31/Mar	1601	2001 AT	2001 AT	1201	1401	1601	
5.03 GESSO CORRIDO	MONZA		12/Mar	701	901	1101	1301	1501	1701	
5.03 GESSO CORRIDO				1401	1501	1601	1801	101		REFORÇAR EQUIPE (+1)
5.06 AZULEJO	135o	18/Jan	31/Mar	1501	1701	1801 1901	2001 AT	1701	1901	PARA INICIAR EM 22/FEV
5.07 MÁRMORE EM				901	1101	1301	1501	1701	1901	
5.07 MÁRMORE EM	135o	25/Jan	31/Mar	1001	1201	1401	1601	1801	2001	
5.08 FORRO DE				701	801	1001	1201	1401	1601	
5.08 FORRO DE				801	901	1101	1301	1501	1701	
5.08 GESSO			30/Abr	INICIAR						

Figura 6-1 - Planilha de programação semanal adotada na intervenção

A Tabela 6.5 apresenta as informações gerais das programações semanais. A data indicada corresponde ao primeiro dia da programação (segunda-feira). A coluna Pessoal na programação indica o número de funcionários nas equipes das tarefas programadas, não considerando os ajudantes. O efetivo total também não inclui os ajudantes.

Em todo o prazo da implantação, o índice PPC teve dois períodos bem distintos, como pode ser observado na Tabela 6.5 e na Figura 6.2. O primeiro período durou cinco semanas, nas quais o número de tarefas programadas foi progressivamente aumentando. Este aumento foi devido à adaptação do mestre ao sistema de programação, incluindo um número maior de atividades na programação. O PPC médio neste período foi de 84%, com uma média de seis tarefas não concluídas por semana.

Tabela 6-5 - Informações das programações semanais

Semana	PPC	Tarefas programadas	Tarefas Concluídas	Tarefas Não concluídas	Atividades programadas	Pessoal na programação	Efetivo total
16-Nov	86%	22	19	3	8	23	61
23/Nov	81%	37	30	7	13	23	51
30/Nov	81%	48	39	9	13	24	51
18/Jan	91%	33	30	3	12	19	33
25/Jan	82%	55	45	10	19	26	34
01/Fev	98%	53	52	1	16	35	38
08/Fev	85%	59	50	9	19	34	42
17/Fev	94%	47	44	3	19	34	33
22/Fev	92%	48	44	4	19	34	36
01/Mar	85%	34	29	5	21	30	48
08/Mar	95%	38	36	2	22	30	47
15/Mar	97%	30	29	1	19	27	49

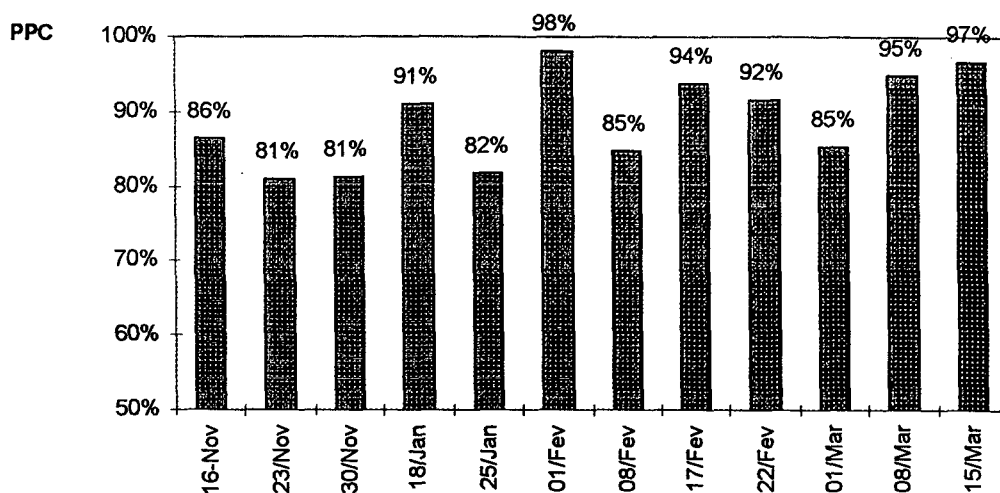


Figura 6-2 - Evolução do Percentual de Tarefas Planejadas (PPC)

No segundo período o PPC médio foi 92%, e em média três tarefas não concluídas por semana. No entanto, apenas duas semanas tiveram PPC abaixo de 92%. As características do PPC nestes dois períodos estão na Tabela 6.6.

Nas últimas três semanas do estudo houve uma redução no número de tarefas por atividade, isto é, uma redução no número de pavimentos executados por semana. Isto se deve à transição entre a conclusão das atividades de revestimento e o início das atividades de acabamento. Nesta transição há um número maior de atividades executadas em toda a torre numa única semana e as atividades de acabamento ainda não estão no ritmo de produção ideal.

Tabela 6-6 - Características do PPC nos dois períodos

Período	Média	Mínimo	Máximo	D. Padrão	Coef. Var.
16/Nov a 25/Jan	84	81	91	4	5%
01/Fev a 15/Mar	92	85	98	5	6%

No início da implantação o pesquisador usou o critério de que cada atividade executada num pavimento seria equivalente a uma tarefa. Durante o estudo este critério foi sendo modificado, de modo a diminuir a influência de tarefas mais simples no índice PPC. Assim, tarefas com ritmo de execução maior que dois pavimentos por dia, foram consideradas como uma única tarefa.

Além da verificação do grau de conclusão das tarefas programadas, a programação semanal permite identificar e documentar mais rapidamente os problemas de execução ou de programação existentes, permitindo que nas reuniões de programação a equipe também possa solucionar estes problemas. De forma a acompanhar a sua evolução estes problemas são classificados nas classes indicadas na Figura 6-3, cujas ocorrências são acompanhadas semanalmente. Nas Figuras 6-3 e 6-4 pode-se observar que a maior parte dos problemas estão nas classes Pessoal e Material. O total de ocorrências no período de implantação foi de 29, para 504 tarefas programadas, o que representa um percentual de 5,4%. A Figura 6-5 apresenta a evolução semanal do número de ocorrências e o percentual em relação ao total de tarefas na semana. Pode-se observar que exceto pela primeira semana, o percentual se manteve abaixo de 10%. A Figura 6-6 apresenta a evolução mensal do número de ocorrências. A Tabela 6.7 apresenta todas as ocorrências registradas no período.

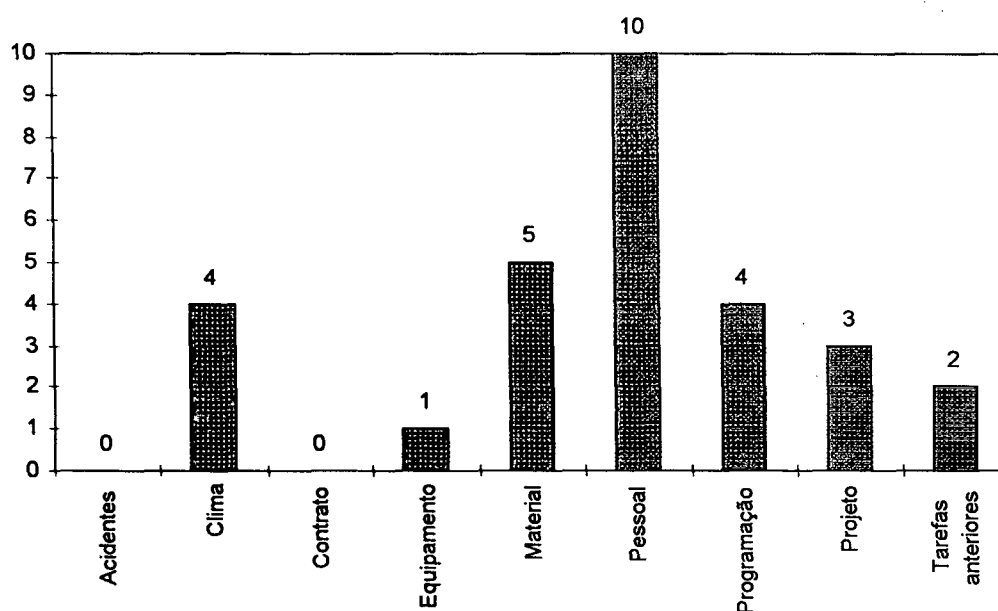


Figura 6-3 - Classificação dos problemas de execução

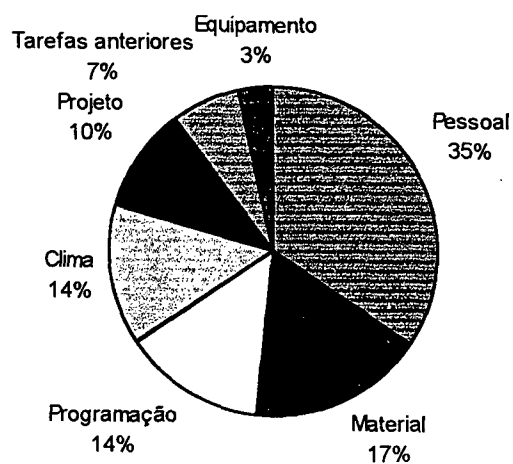


Figura 6-4 - Percentual de ocorrência dos problemas de execução.

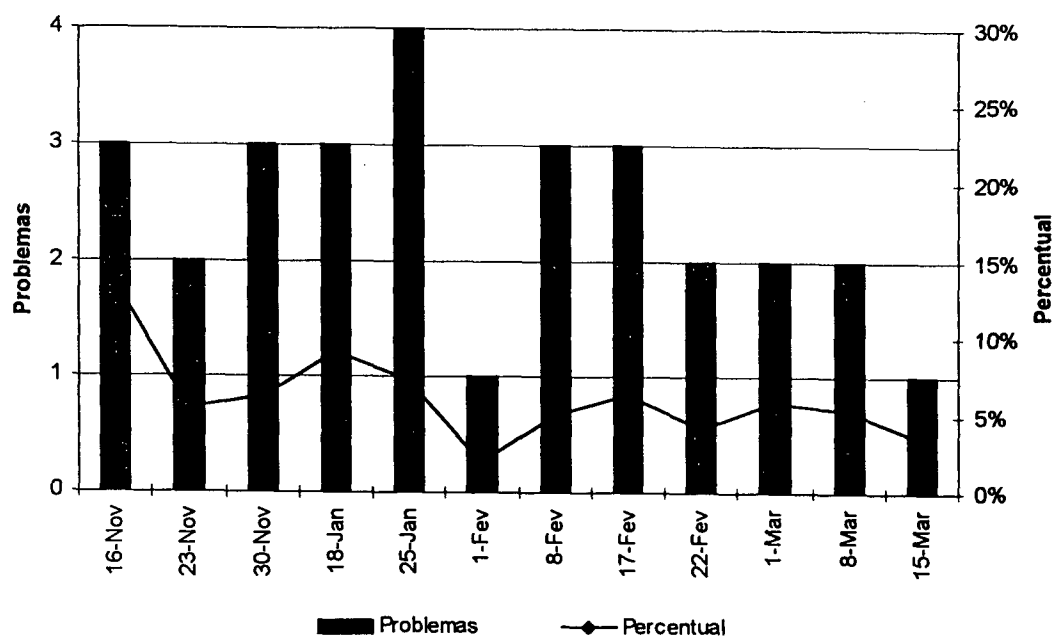


Figura 6-5 - Evolução semanal do número de ocorrências de problemas e percentual em relação ao número de tarefas

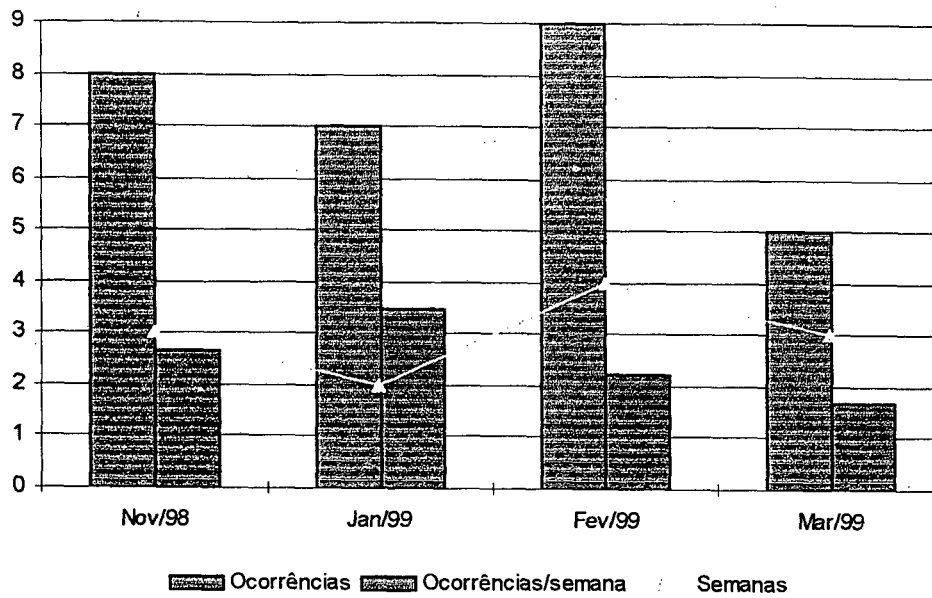


Figura 6-6 - Evolução mensal do número de ocorrências de problemas de execução.

Figura 6-6 - Evolução mensal do número de ocorrências de problemas de execução.

Tabela 6-7 - Problemas de execução.

Semana	Classe	Descrição
16-Nov	Projeto	Mudança no projeto
16-Nov	Projeto	Projeto mais complexo
16-Nov	Material	Material insuficiente
23-Nov	Pessoal	Faltou um dia e baixa produtividade
23-Nov	Material	Falta material
30-Nov	Pessoal	Empreiteiro não iniciou trabalho
30-Nov	Equipamento	Estragou na sexta-feira
30-Nov	Tarefas anteriores	Execução do reboco atrapalhou
18-Jan	Pessoal	Faltou o primeiro dia
18-Jan	Clima	Mau tempo (fachada)
18-Jan	Clima	Mau tempo (piso molhado)
25-Jan	Tarefas anteriores	Tubulação elétrica não liberou para emboço
25-Jan	Pessoal	Trocou empreiteiro na semana
25-Jan	Pessoal	Empreiteiro não entrou na obra (deslocado pela empresa)
25-Jan	Programação	Programou contramarcos sem emboço interno
1-Fev	Pessoal	Faltou um pedreiro
8-Fev	Programação	Gastou um dia a mais por ter mais serviço a fazer
8-Fev	Pessoal	Funcionário afastado por problema de saúde
8-Fev	Programação	Material insuficiente, não deveria ter sido programado
17-Fev	Programação	Falha de coordenação entre empreiteiros
17-Fev	Pessoal	Menos produção
17-Fev	Clima	Chuva atrapalhou o forro de gesso
22-Fev	Clima	Chuva atrapalhou o emboço externo
22-Fev	Pessoal	Empreiteiro faltou dois dias
1-Mar	Material	Fornecedor de mármore não entregou material
1-Mar	Pessoal	Empreiteiro de forro de gesso faltou três dias
8-Mar	Projeto	Não chegou o projeto hidráulico do barrilete na obra
8-Mar	Material	Mármore não aprovado pelo mestre (muito escuro)
15-Mar	Material	Mármore: novas peças ainda não entregues

6.6. PROGRAMAÇÃO DE SEIS SEMANAS

A programação de seis semanas tem por objetivo indicar as operações que serão executadas nas seis semanas seguintes à semana da programação semanal. A programação de seis semanas foi introduzida na segunda etapa da implantação, após ter sido implantada a programação semanal e a programação mestre definitiva para a conclusão da obra estar elaborada. No procedimento implantado neste estudo a programação de seis semanas foi revista a cada semana, após a elaboração da programação semanal. Nesta etapa de execução da obra não haveria necessidade de uma revisão semanal, mas isto foi feito também com o objetivo de treinamento da equipe.

A programação de seis semanas pode ser realizada numa planilha de preenchimento manual, no entanto se a sua revisão for semanal, é mais interessante a sua manutenção em computador. Na construção de um edifício de vários pavimentos, os estudos preliminares indicaram que a programação de médio prazo até aproximadamente 75% da execução da obra não deveria ter muitas modificações todas as semanas, pois as atividades, uma vez iniciadas, seguem um ritmo de conclusão nos pavimentos bastante previsível. Assim, a atualização manual da planilha não tomaria muito tempo da equipe. No decorrer da implantação o pesquisador passou a colocá-la no computador, para facilitar o acompanhamento dos indicadores previstos no sistema. Um exemplo de aplicação desta planilha é mostrado na Figura 6-7.

1002/14

OBRA: HACKENBINE			PLANO SEMANAL				SEMANA DE: 01/02/73		
ELABORADO POR:							A: 05/02/73		
ATIVIDADE			APRONTAR				DATA:		
							Razões para variações		

Neste estudo os locais de execução das tarefas, ou seja, os apartamentos, são indicados nos campos da planilha, na coluna da semana programada. As linhas das planilhas geralmente indicam atividades previstas na programação mestre, cuja codificação aparece na primeira coluna. Quando a atividade ou operação é um desmembramento de outra atividade da programação mestre, é utilizado o mesmo código da atividade de origem. Esta codificação permite a consolidação das atividades e tarefas para cálculo dos indicadores de desempenho do controle de produção.

O sucesso da programação de médio prazo é verificado pelo grau de desvio em relação à programação mestre e pelo grau de seleção das operações para as programações de curto prazo. Isto é, a programação de seis semanas estará sendo eficiente se estiver seguindo o previsto pela programação mestre, e eficaz se a sua programação estiver sendo seguida pela programação semanal. O índice que verifica a programação de médio prazo em relação à programação mestre é o PAP - Percentual de Atividades Programadas. O índice que verifica a relação com a programação semanal é o PPA - Percentual de Programação das Atividades, indicando o percentual de atividades planejadas que foram efetivamente programadas nas programações semanais ao longo do período das seis semanas. Estes estudos também indicaram que este prazo é suficiente para realizar o controle adequado das entregas dos materiais.

Tabela 6-8 - Informações das programações de 6 semanas

Semana	Tarefas programadas	Tarefas Concluídas	Atividades programadas	Desvio DP	PAP	PAP total	PPA 6 semanas
25/Jan	103	78	12	-10%	63%	80%	52%
01/Fev	128	84	13	-7%	59%	79%	90%
08/Fev	107	83	14	-9%	44%	74%	59%
17/Fev	123	71	19	-8%	49%	78%	42%
22/Fev	115	86	17	-6%	47%	77%	82%
01/Mar	117	79	15	-13%	38%	69%	67%
08/Mar	133	77	14	-17%	42%	70%	71%
15/Mar	151	81	15	-20%	52%	72%	77%

O desempenho da programação é medido pelos indicadores da programação de 6 semanas em relação à programação semanal (PPA) e em relação à programação inicial (PAP), apresentados nas Figuras 6-8 e 6-9, e na Tabela 6-8.

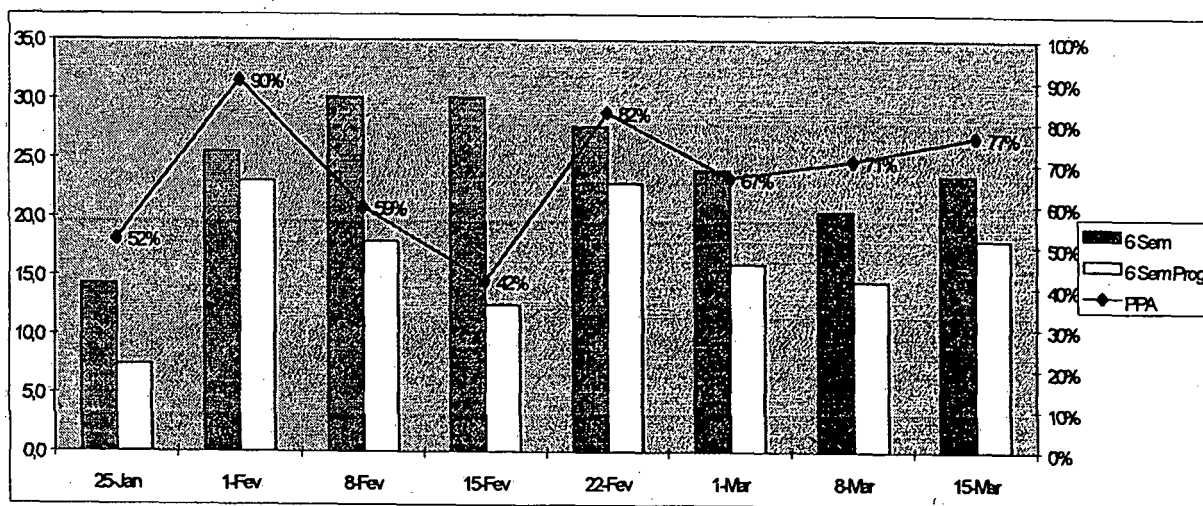


Figura 6-8 – Evolução do índice PPA (programação semanal em relação à de seis semanas)

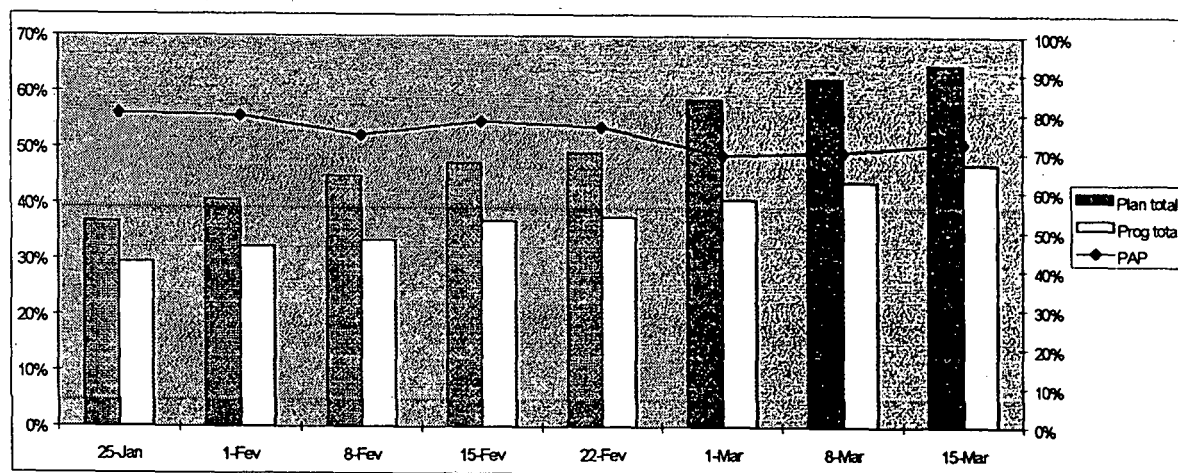


Figura 6-9 – Evolução do índice PAP (Programação de seis semanas em relação à inicial)

6.7. ACOMPANHAMENTO DA EXECUÇÃO

O desempenho da execução é medido pelo desvio da execução de atividades num período em relação à programação inicial, DP, apresentado na Figura 6-10.

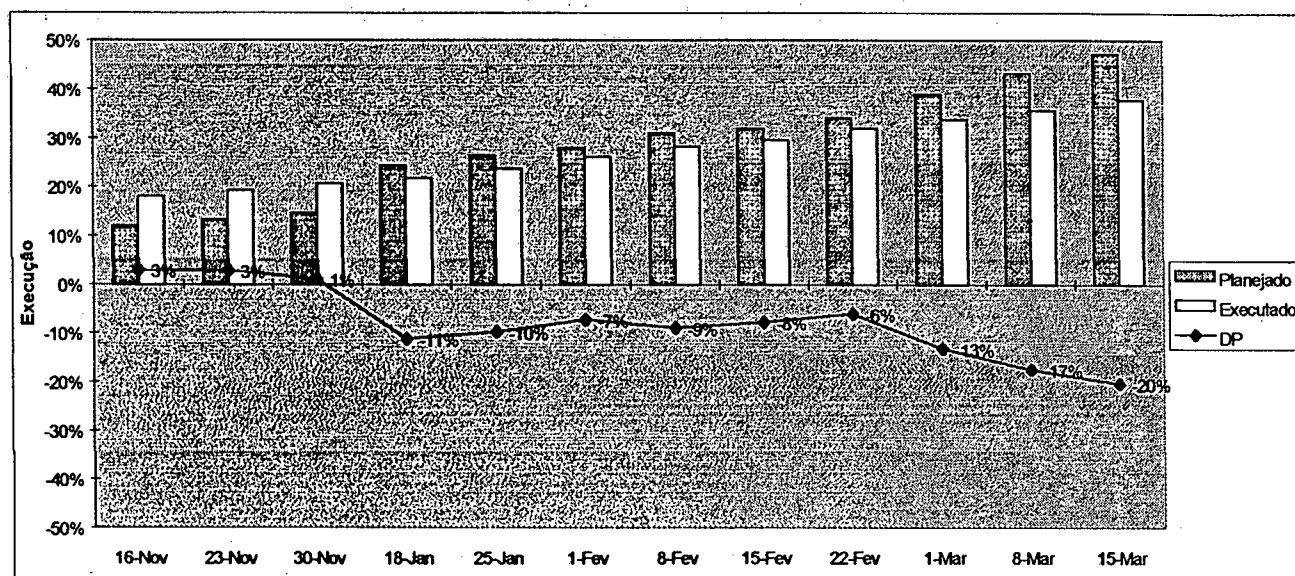


Figura 6-10 – Evolução do Desvio da Programação – DP

A eficácia do modelo da Linha de Balanço aplicada no planejamento pode ser medida pela comparação dos ritmos de execução realizados com os previstos. Neste trabalho não se chegou a fazer esta comparação detalhada, mas pode-se observar nos gráficos dos ritmos obtidos do sistema (Figuras 6-11, 6-12 e 6-13) que nas atividades executadas até o mês de março, ao final do estudo, pode-se caracterizar a existência de ritmos. Na parte final da obra esta característica deixa de existir em função da duração menor das tarefas, do aumento do número de tarefas simultâneas e da maior dificuldade de programação. Na sequência desta obra pretende o autor ainda aplicar o conceito da Linha de Balanço, mas de outras forma: considerando cada apartamento como um produto a ser concluído, e definindo-se uma fila de conclusão dos apartamentos. Para a conclusão de cada apartamento deve então ser elaborada uma lista de todas as tarefas a serem executadas e em que sequência. Esta lista e a fila de conclusão é que vai alimentar as programações. Mesmo que seja possível definir um ritmo de conclusão para estes apartamentos, nem todas as tarefas serão repetitivas e

iguais nos apartamentos. Espera-se que esta técnica possa ser aplicada nos últimos quatro meses de obras, que foi verificado neste trabalho serem muito caóticos em termos de programação.

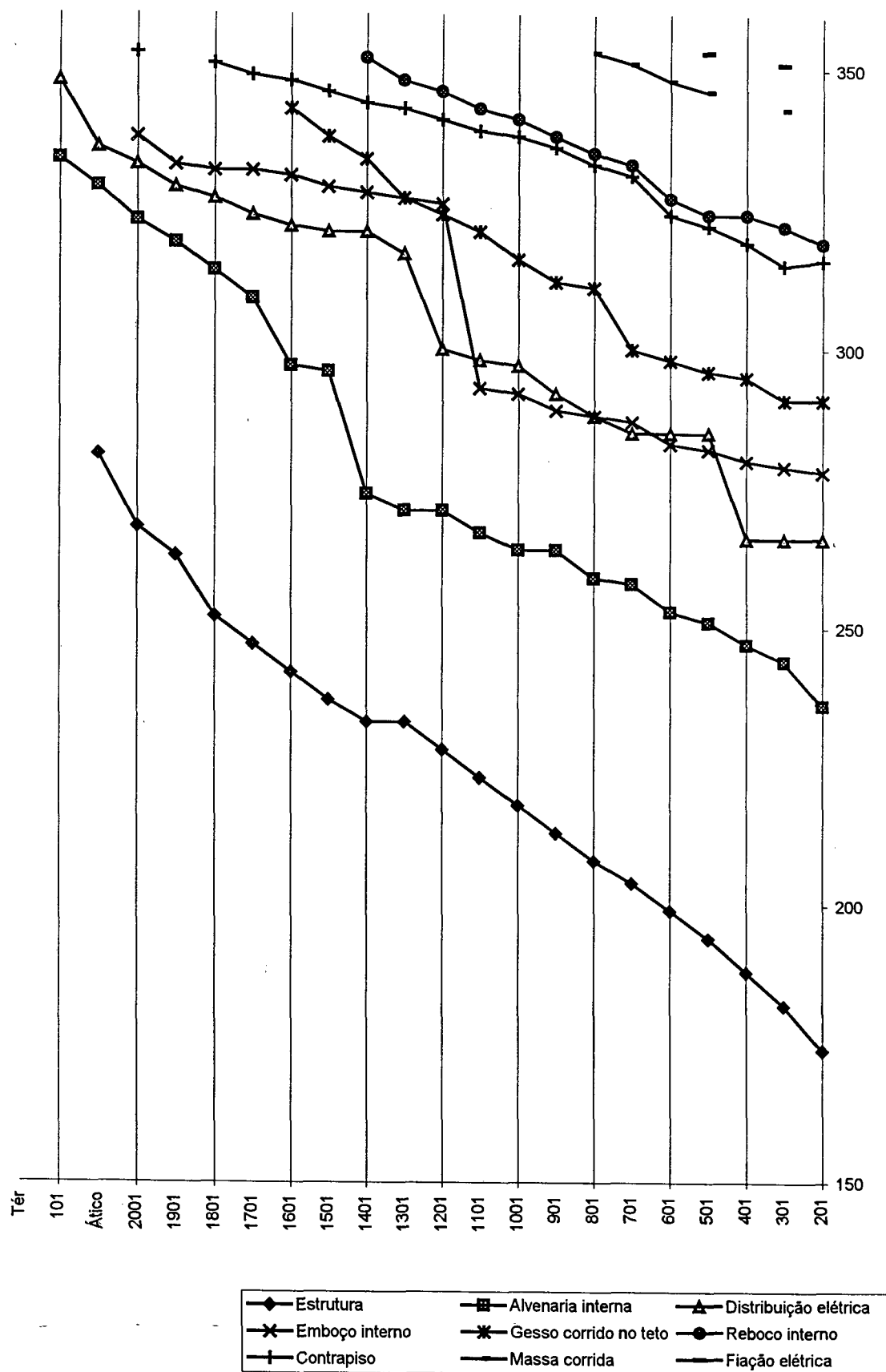
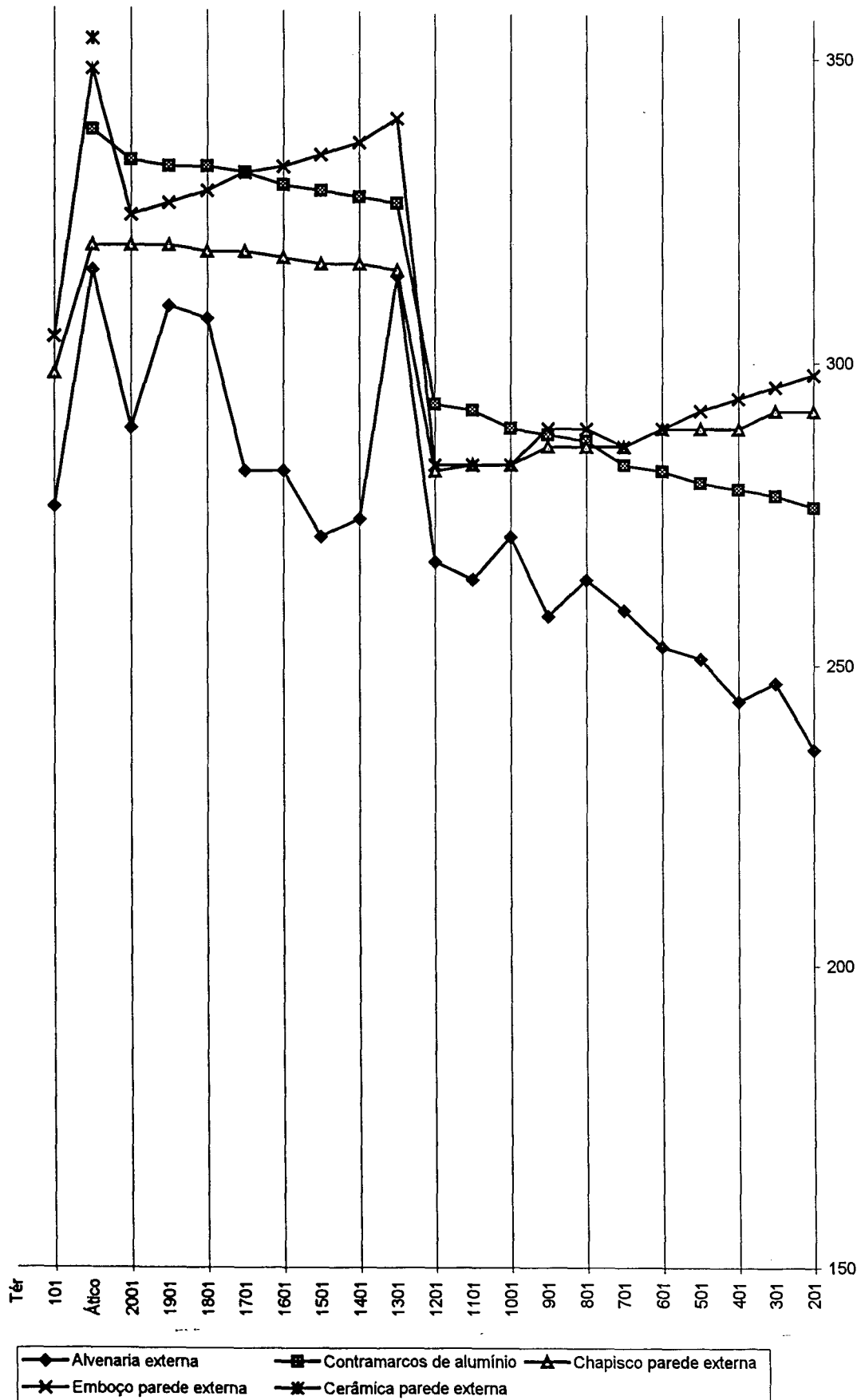


Figura 6-11 – c) Ritmos de execução – gráfico 3



6.8. SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO

6.8.1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa propõe-se a analisar o sucesso da implantação do sistema de informações no canteiro de obras. Na pesquisa utilizamos um questionário de avaliação de expectativas e percepções de usuários e gerentes e analisamos as respostas dadas por quatro integrantes da equipe de administração da obra. A avaliação das expectativas concluiu que o sistema tinha uma grande importância para a obra e mudanças favoráveis eram esperadas com o novo sistema. A avaliação do processo de implantação conclui que as expectativas foram atendidas, o sistema atende bem às necessidades do departamento, e teve boa aceitação pelos usuários, pois será utilizado até o final da obra, e estes o utilizariam em futuras obras. A medida do sucesso do projeto pelos perguntados teve pontuação 4 numa escala de 1 a 5¹¹.

Este sucesso na implantação pode ser avaliado sob vários aspectos: técnicos, organizacionais, financeiros, sociais ou humanos. Ultimamente os pesquisadores da área de sistemas têm dado ênfase nos aspectos humanos. Um processo de implantação somente será bem sucedido se fizer que o usuário aceite o sistema. Assim, a expectativa e o nível de aceitação pelo usuário em relação ao sistema são elementos críticos para o sucesso do projeto.

A literatura apresenta estudos de implantação de sistemas na área de engenharia civil apenas para os sistemas CAD, presentemente ainda mais ligados à arquitetura. Nem mesmo pesquisas de satisfação ou problemas práticos. Isto pode ser explicado pelo fato de que a utilização de sistemas de informação na engenharia civil sempre foi considerada uma questão técnica, predominando os aplicativos computacionais específicos e independentes, utilizados pelo próprio especialista na função a ser apoiada. Recentemente, com as mudanças culturais, organizacionais e a busca pela competitividade tem feito com que as empresas passem a procurar melhorar o seu sistema de informações, e não somente as suas aplicações técnicas. Os projetos de implantação de sistemas nestas empresas passaram a ter as mesmas complexidades e dificuldades encontradas em outras áreas. Devido ao baixo grau de

¹¹ Todas as pontuações indicadas neste item se referem também à escala de 1 a 5

maturidade organizacional característico das empresas da área de construção civil podemos considerar esta mudança como um impacto tecnológico, que vem sendo assimilado vagarosamente pelo setor, principalmente no Brasil. Beatty e Gordon (BEATTY, C A e GORDON, 1994) listam três tipos de barreiras - estruturais, técnicas e humanas - para a implantação de sistemas CAD/CAM. As barreiras técnicas são as mais fáceis de serem vencidas. As barreiras estruturais referem-se a mecanismos internos da organização que detenham a adoção e o sucesso no uso da tecnologia, enquanto as barreiras humanas referem-se à percepção, habilidades e tendências dos trabalhadores.

Com base na experiência da implantação do sistema de informações deste trabalho, pode-se sugerir que um processo de introdução típico é similar ao da implantação de sistemas de automação do desenvolvimento de sistemas (CASE) (AAEN, 1991), qual seja: durante o início da implantação a resistência a mudanças pode ser limitada pela liberdade de experimentar e testar. Se o período de testes for bem sucedido a organização irá avançar para um uso mais sistemático da ferramenta. Quando isto acontece a liberdade do período de testes tende a transformar-se em disciplina e freqüentemente requer que os profissionais mudem suas atitudes e rotinas de trabalho. Como consequência problemas organizacionais são esperados nesta fase. Finalmente, se estes problemas são administrados, o período de transição resulta num "casamento" entre a ferramenta e os procedimentos da empresa.

A metodologia escolhida para avaliar o sucesso da implantação do sucesso (DE ABREU, 1995) prioriza o aspecto das expectativas e percepções do usuário. Se estas avaliações representam fatos reais ou meras percepções subjetivas dos usuários não está em discussão aqui, pois é assumido que as avaliações dos usuários fornecem informações que, com certeza, podem levar a um melhor entendimento dos fatores que afetam a implantação do sistema.

A implantação de inovações tecnológicas é mais bem vista como um processo de adaptação mútua, i.e., a reinvenção da tecnologia e a simultânea adaptação da organização (LEONARD-BARTON, 1988). Leonard-Barton argumenta que o gerenciamento com sucesso da transferência tecnológica dos criadores para os usuários requer que os gerentes reconheçam e assumam a responsabilidade por ambas as mudanças técnicas e organizacionais, e que tanto as mudanças na tecnologia e no ambiente do usuário são mais beneficiadas que manter uma inalterada e mudar apenas a outra, fatos estes ocorridos e comprovados na intervenção em questão.

Desta forma, o objetivo específico desta pesquisa é a avaliação do sucesso da implantação do sistema, através da análise das expectativas e percepções de usuários em relação ao sistema e ao apoio da organização, suas qualidades, e seus benefícios.

A pesquisa analisou a expectativa e aceitação ao sistema de quatro membros da equipe administrativa e de supervisão da obra através de questionários: Administrador da obra (Engenheiro), Estagiário de Engenharia, Tecnólogo Residente e Mestre-de-obras. O questionário não foi aplicado com o Almojarife por este ter participado pouco na fase de implantação do sistema, e não foi aplicado com o pessoal de produção, pois estes ainda não recebiam informações suficientes do processo de controle de produção.

O uso do novo sistema no canteiro de obras foi imposto pelo administrador da obra, depois de expor as razões e a experiência da qual a equipe participaria. As razões para a sua adoção foram compreendidas por todos na primeira reunião de implantação. Os usuários ressaltaram como motivações adicionais neste sistema específico a possibilidade de evolução e adequação do sistema e algumas abordagens inovadoras que seriam introduzidas na empresa com probabilidade de benefícios nos processos da área (padronização de procedimentos e novos sistemas informatizados entre outros).

A complexidade do sistema reside basicamente na amplitude das informações coletadas. Por envolver todas as tarefas de produção e administração da obra, a implantação do sistema exigiu, e ainda exige, um árduo trabalho prévio de organização e discussão das formas de atuação. Além disso, as obras de construção civil via de regra não têm o hábito de manter informações sistematicamente, constituindo-se um desafio a mais, vencido por poucas construtoras no país. Embora o canteiro de obras possuísse um computador, o pesquisador optou por não introduzir a operação do sistema no processo, pois seria um fator de risco adicional ao sucesso do projeto, e desnecessário. Todas as informações foram processadas em computador pelo pesquisador e os relatórios emitidos e entregues na obra uma ou duas vezes por semana. O procedimento do uso de cartões de produção torna o processo de transferência da informação independente do uso do computador.

6.8.2. METODOLOGIA

O tipo de estudo nesta pesquisa é o descritivo. A coleta de dados tem um objetivo definido, e a interpretação do pesquisador destina-se a descrever as características da situação relatada pelos dados. Algumas observações feitas nas visitas à empresa foram incluídas, apenas de caráter complementar. Porém tivemos a preocupação de assinalar no texto estas observações do pesquisador.

O método empregado utilizou um questionário de avaliação de expectativas e sucesso (DE ABREU, 1995) e algumas visitas à empresa para contato e entrevista com o gerente da unidade responsável pela implantação do sistema.

Os perguntados levaram em média 30 minutos para responder o questionário.

A principal limitação da pesquisa é a não inclusão do pessoal diretamente envolvido com a produção (operários supervisores e empreiteiros). Nenhuma sugestão ou crítica foi anotada dos perguntados quanto ao tempo disponível para responder o questionário, quanto ao conteúdo. Nenhuma observação foi escrita no questionário quanto a estas questões.

A Tabela 6-9 apresenta um resumo da avaliação com a pontuação média de cada perguntado em cada parte do questionário, e média geral em cada parte, o coeficiente de variação e a avaliação final (média geral das partes). A pergunta 5.5 não foi considerada no cálculo da média final.

Tabela 6-9 - Resumo das pontuações

Parte do Questionário	Perguntados				Média	C.V.
	(1)	(2)	(3)	(4)		
I - Expectativas sobre a importância do sistema desenvolvido	4,2	4,7	4,1	5,0	4,50	9,1%
II - Requisitos de informações	3,9	4,1	4,3	4,4	4,18	4,6%
III - Infraestrutura de implantação:	4,2	4,0	3,9	3,9	4,00	3,1%
IV - Medidas do Sucesso da Implantação	3,7	4,6	3,9	4,4	4,13	10,1%
Avaliação Final	4,0	4,4	4,0	4,4	4,20	5%
5.5 De modo geral, como você classificaria sucesso do projeto?	4	4	4	4	4,00	0,0%

6.8.3. AVALIAÇÃO DAS EXPECTATIVAS COM O SISTEMA

A expectativa sobre o sistema era positiva. A pontuação média nestas questões foi 4,5 (escala de 1 a 5), com uma variação muito pequena entre os usuários (5%). O sistema foi considerado muito importante para eles (4,75) e para a obra (5,0). A expectativa sobre o sucesso do sistema implantado teve pontuação média 4,44, sendo que a viabilidade da implantação teve pontuação média 4,33. Os usuários que responderam os questionários acreditam que o sistema pode atingir os objetivos de qualidade almejados (4,06), havendo alguma restrição quanto aos objetivos técnicos (3,75), o que pode ser justificado pelo pouco uso do novo sistema na solução de problemas de execução, o que foi uma das faltas desta implantação. A expectativa sobre a qualidade do sistema teve a maior divergência (20,3%) entre os perguntados, com médias menores do mestre (3,3) e do estagiário (3,50) em relação ao tecnólogo (4,5) e engenheiro (5,0). Isto pode ser explicado pela não compreensão de todo o potencial do sistema e da própria organização para o controle de produção, em parte aferida pelo item Competência Organizacional na Parte II do questionário.

Em relação às mudanças esperadas com a introdução do sistema as maiorias foram indicadas como favoráveis ou neutras (média acima de 4), com exceção da burocracia (trabalho indesejado) que ficou com média 2,50. Na média o administrador (engenheiro) considerou as mudanças um pouco mais favoráveis que os usuários.

6.8.4. AVALIAÇÃO DA COMPETÊNCIA DE PROJETO

A avaliação da competência da organização e do sistema foi boa (4,18). A competência organizacional recebeu avaliação média (4,25). Os perguntados consideram que foram informados sobre os objetivos do sistema, porém ainda não o utilizam em todo o potencial. As perguntas sobre consultas aos quadros informativos do sistema e sobre a qualidade das informações tiveram as médias menores (3,75).

A competência tecnológica do sistema recebeu avaliação média 4,11. O pesquisador considera que esta avaliação tecnológica pode ser realizada em maior profundidade na medida em que os objetivos e tarefas sejam mais detalhados na discussão sobre a implantação do sistema. Os perguntados consideram que o sistema ainda pode melhorar no tratamento das informações, avaliando com média 4,0 os quesitos a seqüência das tarefas, o responsável pela tarefa e a indicação da tarefa, com

média 4,25 os quesitos detalhamento das tarefas e prazo de execução, com média 4,75 o quesito local de execução da tarefa e com a menor média - 3,50 - o quesito dia da execução da tarefa. Estas avaliações podem ser justificadas.

6.8.5. AVALIAÇÃO DA COMPETÊNCIA NA IMPLANTAÇÃO

De um modo geral a organização foi considerada competente na implantação do sistema pelos perguntados (4,0). Apesar do não ter sido usado plenamente nas tomadas de decisão ou solução de problemas além da própria programação de operações, o suporte da gerência da obra (engenheiro) foi decisivo, obtendo uma média 3,64 na avaliação dos perguntados.

O treinamento recebido no uso do sistema foi considerado útil, com avaliação média de 4,25. Observe-se que este treinamento foi a própria implantação do sistema em etapas gradativas, bem compreendidas pelo pessoal. A interação entre as pessoas envolvidas, outros funcionários e o consultor (pesquisador) foi considerada bastante cooperativa, com avaliação média de 4,25.

6.8.6. AVALIAÇÃO DO SUCESSO DO SISTEMA

De um modo geral os perguntados classificaram o sucesso do projeto acima da média, com pontuação 4, o que corresponde à média final de todas as pontuações, que foi de 4,20.

1. Aceitação

O nível de aceitação do sistema foi considerado bom para os perguntados (3,96). Eles já utilizam o sistema, continuariam usando até o final da obra, adotariam para futuras obras e recomendariam para a empresa o uso em outras obras. Todos consideraram que aceitaram a idéia proposta pelo novo sistema, mas acreditam que deva ser melhorado, avaliando com média 2,25 esta pergunta, o que pode ser explicado pelo uso parcial do sistema em relação aos diversos problemas relativos ao gerenciamento da obra.

2. Valor do sistema

O sistema foi considerado como agregador de valor ao método de trabalho (avaliação média 4,19), com os benefícios bem acima dos custos, melhoria da performance nas suas tarefas pessoais e garantia do cronograma de execução da obra.

3. Satisfação

Em geral os perguntados estão satisfeitos com o sistema (avaliação média 4,25), assim como em relação às suas expectativas iniciais (4,25). Todos os quesitos avaliados tiveram pontuação média acima de 4, mas indicando que o sistema deve melhorar mais.

6.8.7. OUTRAS INFORMAÇÕES

Dois dos perguntados estão a mais de 3 anos na empresa e a mais de 2 anos na função atual (administrador e mestre), os outros dois estão a menos de 1 ano na empresa (tecnólogo e estagiário). Três dos perguntados já tinham trabalhado com sistemas de programação operacional no canteiro de obras em outras empresas. O mestre - a pessoa chave neste novo sistema - não tinha ainda trabalhado com programação no canteiro. Mas somente o administrador tinha conhecimento da existência deste tipo de sistema. Três dos perguntados já utilizam computadores diária ou semanalmente. O mestre ainda não utiliza computadores.

6.9. CONCLUSÕES

Esta pesquisa analisou uma intervenção para a implantação de sistema de informações para programação da produção no canteiro de obras.

O uso do sistema demonstrou-se viável pelo exposto em relação ao treinamento realizado, ao prazo curto de implantação, à aceitação do sistema pela equipe de administração da obra e aos indicadores obtidos na avaliação da eficiência do sistema. Durante todo o período de implantação o sistema possibilitou a programação de curto prazo e a previsão de tarefas à médio prazo. Por outro lado a execução dos serviços mostrou-se eficaz em relação ao planejamento inicial mostrando que o sistema atendeu também a este quesito.

A análise do sucesso da aceitação do sistema baseou-se na avaliação das expectativas e percepções com a introdução canteiro de obras da empresa. A

equipe que avaliou a implantação é a equipe de administração da obra responsável pela implantação e utilização do sistema. Consideramos a metodologia empregada adequada ao objetivo proposto pois verificou boa parte dos fatos e posição real do sistema no canteiro.

A expectativa sobre o sistema era positiva (4,5) numa escala de 1 a 5, pois o sistema foi considerado muito importante, teve apoio e prioridade do administrador da obra, e somente mudanças favoráveis eram esperadas com o novo sistema. A única restrição ao projeto foram em relação às expectativas de qualidade no atendimento aos objetivos. A competência geral da organização e do sistema foi considerada boa (4,18), dispondo de todos os recursos necessários para a execução do projeto.

Os perguntados consideram que o sistema atende bem as necessidades dos usuários e da obra, devendo melhorar em alguns aspectos do tratamento das informações. As expectativas em relação ao sistema se confirmaram positivamente. A competência na implantação também foi considerada boa (4,0), apesar de não ter sido usado em todo o potencial nas reuniões de solução de problemas e tomadas de decisão.

Atualmente os perguntado já utilizam o sistema e o nível de aceitação do sistema foi considerado alto (3,96), assim como a satisfação em relação ao sistema (4,25). Eles indicaram que continuarão utilizando o sistema, e o utilizariam em futuras obras, e como consequência que a performance de trabalho tanto individual quanto da equipe seria prejudicada se o sistema não estivesse mais em uso (4,25). Quanto ao valor do sistema foi considerado com os benefícios claramente acima dos custos.

Finalmente, os perguntados avaliaram o sucesso do projeto com pontuação 4 (boa), o que corresponde à média final de todas as pontuações, que foi de 4,20. Embora esta avaliação seja resultado de uma amostragem limitada, acreditamos que representam bem a situação do sistema na obra pois a avaliação foi realizada pela equipe responsável pela implantação e utilização do sistema, e levando em conta também, pelo que vimos, o apoio dado ao uso do sistema pelo administrador da obra, e os elogios recebidos pelos usuários nos trabalhos realizados com o novo sistema. Por outro lado, observamos que o sucesso da implantação do sistema na obra dependeu da atuação do administrador num primeiro momento, que sustentou pessoalmente as atividades durante as primeiras etapas de implantação, e depois pelo mestre-de-obras,

que manteve suas tarefas por conseguir uma melhor organização do seu trabalho pessoal.

Consideramos que, numa próxima etapa do uso do sistema, com o maior envolvimento dos demais operários nas informações coletadas, a pesquisa deve ser estendida, incluindo principalmente outros departamentos, como suprimentos, e também os fornecedores, e sugestões e críticas dos que já responderam ao questionário.

Um campo também para futuras pesquisas é o estudo dos problemas organizacionais vividos durante a sua implantação, e o relacionamento com o grau de maturidade dos processos presentes na empresa.

CAPÍTULO 7

7. CONCLUSÕES

A maioria dos trabalhos nesta área, inclusive este, destacam em seus preâmbulos, a importância do planejamento para melhoria da qualidade e da produtividade nas empresas; e no setor como um todo.

Como indicado ao longo do trabalho tem sido grande o esforço no sentido de buscar soluções para melhorar a eficiência dos sistemas de planejamento para o setor.

Vários têm sido os caminhos destas pesquisas, algumas buscando aplicação direta de teorias de planejamento ou pela observação da realidade nas empresas, das suas práticas e procedimentos para planejamento.

O caminho seguido por esta tese foi o de investigar a realidade no canteiro de obras, e introduzir técnicas simples que surtam efeitos práticos no planejamento da obra. Este processo procura seguir os passos de outros setores produtivos que têm almejado sucesso na busca por ferramentas de planejamento. Esse processo de observação, aliado ao embasamento teórico adquirido através da extensa pesquisa bibliográfica, e da experiência do autor no tratamento de sistemas de informações, permitiram criar, desenvolver e implantar uma proposta prática para programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos.

A metodologia desenvolvida é inovadora por apresentar procedimentos de planejamento tático sistematizados e associados a técnicas de programação diretamente aplicadas no canteiro de obras, sem nenhum envolvimento com o escritório da empresa, e gerando semanalmente ou diariamente informações que podem suprir a necessidade de informações confiáveis para o acompanhamento das obras.

Esta metodologia prática viabiliza o uso de técnicas e sistemas amplamente conhecidos do meio técnico, mas que vem sendo pouco utilizados, justamente pela dificuldade de comunicação com o pessoal de obra.

A seguir é realizada uma análise do trabalho em relação aos objetivos traçados.

7.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO

Os estudos preliminares e o trabalho de intervenção realizados indicaram algumas considerações sobre as características de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos:

a) na maior parte dos serviços as tarefas são repetitivas, executadas pela mesma equipe e quase sem interrupções, como mostrado nos gráficos de ritmos de execução na pesquisa;

b) nos últimos meses de execução predominam as pequenas tarefas sobre as repetitivas, mas a programação de curto prazo e médio prazo ainda podem ser utilizadas como indicadas neste trabalho e por outros autores. Baseado num dos estudos preliminares, o autor sugere que na fase final da obra a programação de médio prazo seja de duração menor (quatro semanas) e as programações sejam revistas diariamente;

c) as construções de edifícios de múltiplos pavimentos, sejam altos ou não, utilizam uma quantidade de pessoal bem definida ao longo das suas diversas fases. As equipes que mais têm variação na quantidade de operários executam serviços especializados. Este fato caracterizou nos estudos deste trabalho que não houve necessidade de um estudo quanto ao nivelamento de equipes ao longo da obra, pois a distribuição das equipes existentes é plenamente realizada pelo mestre e atendendo aos prazos. Assim a metodologia proposta não indica a necessidade de um nivelamento de recursos no planejamento inicial.

7.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO

Analisando os resultados da intervenção na programação da obra e o sistema de informações utilizado para dar suporte à este trabalho, percebe-se que se conseguiu desenvolver uma metodologia de controle de produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. O cumprimento desse objetivo resultou, também, na validação do sistema de informações proposto. As principais conclusões obtidas são:

- a) A metodologia desenvolvida abrange tanto as informações necessárias para o planejamento tático quanto as informações geradas no canteiro de obras para o planejamento operacional;
- b) O planejamento tático, ou inicial, pode ser realizado com poucas informações de investigação bastante simples em obras similares da empresa. Neste trabalho foram utilizadas informações coletadas na construção de alguns edifícios e permitiram a elaboração do planejamento inicial do edifício da pesquisa apenas a partir das definições de estratégia pelo administrador da obra. Nenhuma informação adicional precisou ser coletada na empresa ou na obra, além da tipologia do projeto. Isto permite às empresas implantar a metodologia em prazo bastante reduzido;
- c) Realiza-se o planejamento operacional pela inserção do técnico no ambiente do canteiro de obras. As informações são geradas e administradas pelo pessoal de produção e em seu benefício são estruturadas. O retorno da utilização da metodologia é voltado diretamente às decisões e necessidades da obra;
- d) As informações obtidas do planejamento operacional têm atualização praticamente diária, ou no máximo semanal, permitindo que sejam gerados relatórios da posição da obra mais confiáveis, e muito mais reais do que as produzidas fora do ambiente da obra, como é feito convencionalmente.

7.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANEJAMENTO NO CANTEIRO DE OBRAS

A partir dos estudos realizados, pode-se concluir, que as ações do escritório das empresas em termos de planejamento pouco influenciam ou influenciam negativamente na tomada de decisões do administrador da obra. Embora em alguns casos haja coleta de informações no canteiro de obras por parte do departamento de planejamento, estas informações tem uma periodicidade maior (de um a seis meses) , cujo processamento não atende às necessidades da obra. Na obra o planejamento de maior prioridade é o de curto prazo – até um mês de duração, exatamente uma das propostas deste trabalho.

As informações coletadas pelo departamento de planejamento também não são adequadamente utilizadas para o planejamento de futuros empreendimentos. Embora o pessoal envolvido no planejamento tenha o conhecimento necessário, isso pode ser explicado devido a não estruturação das informações, e do próprio processo de planejamento, tornando difícil a obtenção de índices ou parâmetros que o auxiliem nessa tarefa. Na empresa da intervenção se observou que esta estruturação é possível, e realmente exige uma revisão de todo o processo de planejamento e acompanhamento das obras, e também o uso de sistemas de informações bem implantados, levando-se alguns anos para se obter a qualidade necessária.

Concorre ainda para esta situação o fato da gerência da empresa buscar diretamente o contato com o administrador da obra, sem envolver o pessoal de planejamento. Isto se deve a uma percepção errônea segundo a qual a intervenção do pessoal de planejamento implicará na fiscalização das atividades do administrador ou do gerente. É comum nas empresas a visão da existência de um departamento de planejamento para arquivar as falhas na obra.

A partir da intervenção realizada neste trabalho, pode-se concluir, que o planejamento operacional sendo realizado no canteiro de obras e servindo como ponto de origem e referência para as demais informações de planejamento permite o envolvimento do departamento de planejamento de uma forma mais produtiva. As tarefas principais do departamento de planejamento seriam a consolidação das informações das obras e a sua integração com os demais departamentos da empresa. Tarefas estas já observadas parcialmente na empresa da pesquisa, comprovando esta tese.

A realização também no canteiro de obras da programação de médio prazo permite ainda se estabelecer um vínculo entre os planejamentos tático e operacional de uma forma mais automática e com maior confiabilidade, a partir do registro do dado que lhe deu origem. Esse vínculo deixa de ser informal (geralmente verbal entre administrador da obra e gerente) e passa a ser sistemático, e ainda permitindo que se meça a eficiência do processo de planejamento e a eficácia da execução da obra.

Pode-se concluir então que o contato entre obra e escritório pode ser realizado em bases diferentes das que se procuram tradicionalmente, muito mais no sentido obra-escritório.

7.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO

A intervenção demonstrou que a implantação de um sistema de informações para a programação da produção no canteiro de obras é viável. Este sistema deve envolver todas as informações geradas no canteiro, o pessoal de administração e produção, e organizar os procedimentos de planejamento na obra.

A metodologia utilizada envolveu estes três aspectos e a isto pode ser atribuído o sucesso na sua implantação. Como indicado anteriormente todas as informações que envolvessem decisões a serem tomadas pelo administrador passam a ser parte do sistema de controle de produção. O sistema de informações foi implantado diretamente pela equipe de administração da obra, em etapas gradativas de informações agregadas. E por último, com o uso do sistema criaram-se procedimentos adaptados à realidade da obra em questão para se manter a programação da obra.

A avaliação do sucesso da implantação do sucesso demonstrou que este foi bem aceito pela equipe. A expectativa sobre o sistema era positiva (4,5 numa escala de 1 a 5), pois o sistema foi considerado muito importante, teve apoio e prioridade do administrador da obra, e somente mudanças favoráveis eram esperadas com o novo sistema. Atualmente a equipe utiliza o sistema e o nível de aceitação foi considerado alto (3,96), assim como a satisfação em relação ao sistema (4,25).

O sistema desenvolvido propõe um ciclo de planejamento apresentado neste trabalho onde a prioridade está no planejamento operacional. As informações do planejamento tático podem ser organizadas na forma tradicional, utilizada em muitos sistemas disponíveis, porém com uma visão mais voltada às operações do que aos custos. A maioria dos sistemas existentes são centrados no orçamento de custos, baseado em serviços. Esta nova visão exige que este sistema seja centrado na programação operacional da obra, segundo a estrutura do produto (edifício), utilizando-se para o orçamento de custos o que tem se chamado de orçamento operacional.

Deste trabalho conclui-se que é possível desenvolver sistemas de informação simples para uso no canteiro de obras, com ferramentas mais intuitivas para o pessoal de obra, tais como planilhas ou agendas (em relação à sistemas dedicados transacionais ou bancos de dados). Posteriormente estes sistemas podem ser

integrados aos sistemas de planejamento ou corporativos da empresa, com a tecnologia de informação já disponível.

7.5. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Existem alguns estudos e desenvolvimentos de sistemas de informação que podem ser realizados visando a continuidade deste trabalho:

a) o estudo e padronização de critérios para obtenção de indicadores de desempenho do planejamento, da programação e da produção, que possam ser usados pelas empresas de um modo geral;

b) o ajuste do modelo para outros tipos de obras repetitivas do setor, como as de conjuntos habitacionais, e edifícios que utilizem processos construtivos não tradicionais, como alvenaria estrutural;

c) realização de estudos comparativos em obras que utilizem sistemas de programação baseados neste trabalho e obras em que não os utilizem, de modo a verificar quais as melhorias obtidas em relação à administração, produtividade, qualidade e cumprimento dos prazos, e em que nível houveram ganhos, ou onde houveram perdas;

d) intervenção no planejamento operacional de outros canteiros de obras com o envolvimento dos outros agentes do processo de construção, principalmente o setor de suprimentos da empresa, e os fornecedores;

e) o desenvolvimento de sistemas de informação para uso do usuário final no canteiro de obras. O sistema de informação desenvolvido foi totalmente operado pelo autor, não se pretendendo neste trabalho investigar as questões relativas à interface com o usuário (pessoal de obra).

f) a integração do sistema de informações de programação com os procedimentos de rotina no canteiro através de sistemas automatizados, tais como para administração de suprimentos, registro de produção das tarefas e registro de ponto;

g) desenvolvimento de uma interface de entrada de dados para o sistema desenvolvido baseado em planilhas eletrônicas;

h) investigação do uso da tecnologia de informação (principalmente a rede internet) para realizar a integração das informações geradas na obra com o escritório, fornecedores e clientes;

i) desenvolvimento de sistema especialista que utilize as informações coletadas neste trabalho, principalmente os dados de produção e as decisões de programação para gerar planos de obra mais próximos da realidade operacional do canteiro;

j) desenvolvimento de sistemas de simulação que utilizem a técnica de Linha de Balanço e as informações de produção coletadas neste trabalho com os objetivos de: auxiliar a mudança nos processos de administração dos recursos e fluxos operativos no canteiro buscando uma melhoria na cadeia produtiva como um todo; treinamento na programação tática ou operacional de edifícios de múltiplos pavimentos.

ANEXOS

ANEXO A - TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO E APLICAÇÕES

INTRODUÇÃO

Embora desenvolvida na década de 40 os primeiros trabalhos com aplicações da Linha de Balanço no controle de produção fabril surgiram na década de 60. TURBAN (1968) indica que Marinha dos EUA publicou em 1962 material sobre o uso da Linha de Balanço e que esta obteve bastante sucesso no seu uso. Em 1963 o governo dos EUA estabeleceu um comitê (similar a outro existente para o PERT) com o objetivo de estudar a aplicabilidade da Linha de Balanço e sua ligação com PERT (TURBAN, 1968). A U. S. Army Management Engineering Training Agency propôs a integração da Linha de Balanço com o PERT no controle de produção, tendo como principal vantagem o seu uso em todo o ciclo de vida do projeto, incluindo atividades repetitivas e não repetitivas (DIGMAN, 1967; SCHODERBEK e DIGMAN, 1967).

LEVITT (1968) apresenta um programa de computador para o processamento Linha de Balanço tendo como saídas (em plotadora) os três gráficos da metodologia originalmente proposta (expedição; fluxo de processos de produção; situação corrente) e uma tabela de acompanhamento das operações (correspondente ao gráfico da situação corrente).

TURBAN (1968) explica o uso dos gráficos da Linha de Balanço através de dois estudos de caso em indústrias de manufatura. O autor afirma que a técnica de da Linha de Balanço por vezes é confundida com PERT (CPM): "As duas técnicas são complementares, embora cada uma possa ser usada eficientemente por si só." Um método analítico bastante simples é sucintamente descrito para o cálculo da programação de expedição, substituindo o processo gráfico característico da Linha de Balanço. Turban conclui que projetos ou sistemas de produção com poucas operações críticas, ou de longa duração, podem ser facilmente tratados manualmente. Porém em outras situações, a Linha de Balanço pode ser facilmente programada em computadores. A Linha de Balanço foi usada com sucesso na Marinha dos EUA porém algumas barreiras para o seu pouco uso pela indústria são apresentadas: "Algumas são típicas de qualquer técnica gerencial nova, tais como resistência a mudança e falta de conhecimento, e outras são mais específicas, tais como os problemas com previsões".

Turban coloca também que a falta de um pacote computacional (“*canned*” *computer program*) para a da Linha de Balanço impede o seu uso em problemas de maior porte.

A técnica não recebeu muito apoio das indústrias, embora tenha-se difundido seu uso para projetos repetitivos (SELINGER, 1980) e uma publicação antiga mencione seu uso em edifícios de múltiplos pavimentos (*Programming*, 1970, apud. COLE, 1991). Uma versão melhorada do sistema, chamada de linhas de fluxo (*flow line*) (SLIPCHENKO, 1966, apud COLE, 1991) parece ter sido desenvolvida na Ucrânia no início dos anos 60 para o controle de tarefas repetitivas na construções de casas. LUMSDEN (1968) ilustrou o uso da Linha de Balanço com muitos detalhes embora sem muita profundidade em termos de aplicação prática na construção civil, o que não diminui a importância de sua contribuição. A da Linha de Balanço como apresentada até então, estava voltada mais para produção de grandes lotes, e enfatizava a produção paralela. Nos exemplos Lumsden introduz os conceitos de aberturas (*buffers*), intervalos no tempo entre atividades (*time buffers*) e entre unidades (*distance buffers*), o conceito de “ritmo natural” e as suas implicações nas aberturas de tempo no início ou no final das atividades, e a ociosidade de recursos em atividades subsequentes executadas em ritmos diferentes. Mostra também como obter a distribuição de recursos e a curva de progresso (curva S) a partir das linhas de produção. Com isso Lumsden deixa a Linha de Balanço numa forma mais próxima das necessidades de aplicação na indústria da construção. Estes conceitos foram usados como referência para muitos trabalhos posteriores.

A técnica foi desde então estendida para cobrir a maioria das aplicações em construção e engenharia civil (MOHR, 1978; ARDITI e ALBULAK, 1985; STRADAL e CACHA, 1982).

A questão da continuidade do trabalho quando diversas atividades são executadas em ritmos de produção diferentes não foi prevista na formulação original da Linha de Balanço, pois esta foi desenvolvida para grandes volumes de produção, em atividades de pequena duração. A aplicação na construção civil exigiu a abordagem desta questão e foi tratada por LUMSDEN (1968), CARR e MEYER (1974), O'BRIEN (1975), e THABET e BELIVEAU (1994).

A formulação original da Linha de Balanço utiliza um gráfico de produção para determinar a seqüência das operações e o seu tempo de antecipação (*leadtime*) em relação à conclusão de uma unidade acabada. Nas aplicações em construção civil

pode ser utilizada uma rede de precedências ou rede CPM sem nenhuma outra modificação. Este rede de precedência cria o que se chamou na aplicação em edifícios de múltiplos pavimentos de restrição horizontal entre atividades, pois ela atua entre as atividades executadas num mesmo pavimento. No entanto há muitas situações onde uma atividade depende de outra atividade que está sendo executada em outro pavimento, caracterizando uma restrição vertical. A inclusão destas restrições verticais na Linha de Balanço foi abordada por O'BRIEN (1975), THABET e BELIVEAU (1994).

AL SARRAJ (1990) desenvolveu uma formulação matemática para a aplicação da Linha de Balanço visando substituir a técnica gráfica de programação da Linha de Balanço, pois considerou que a Linha de Balanço não estava formalizada adequadamente para o seu uso pela indústria de construção e que a representação matemática torna a sua programação em computadores possível e fácil. Com o uso de um programa de computador seria fácil obter a duração total do projeto, a programação real de conclusão das unidades, e todas as informações relacionadas, independente do tamanho do projeto.

AL SARRAJ estendeu a fórmula da equação da Linha de Balanço proposta por LUMSDEN (1968) para uma equação baseada em grupos de unidades. Isto é, a cada intervalo de tempo decorrido um grupo de unidades são iniciadas por várias equipes simultaneamente. A formulação desenvolvida permite obter a programação em termos de datas de início e datas de término de cada atividade em cada unidade repetitiva. Um exemplo de aplicação é apresentado para um projeto de múltiplas unidades a serem concluídas num prazo e ritmo de entrega definidos, com cada unidade tendo um conjunto seqüencial de operações. A programação calculada não leva em consideração a questão do número de equipes, que deve ser sempre inteiro. Com isto a programação real não será igual à calculada, salvo por coincidência. AL SARRAJ inclui então as considerações do arredondamento do número de equipes para um número inteiro abaixo ou acima do valor calculado. Com esta mudança a atividade terá um novo ritmo de produção. Se este for maior que o original a duração total da atividade será reduzida, podendo interceptar a atividade anterior. Se este for menor a duração total da atividade será maior. Uma fórmula é deduzida para calcular este ponto de interseção e por consequência o valor do intervalo de tempo a ser criado entre as datas de início das atividades, para evitar esta interferência. Outra solução para esta interferência seria mudar o tamanho da equipe de uma das atividades modificando seu ritmo de trabalho. AL SARRAJ conclui que o custo das soluções é o fator para a

escolha, recomendando estudos posteriores para encontrar a solução ótima para esta situação.

LUTZ e HIJAZI (1993) fazem uma revisão das técnicas correntes para programação de projetos lineares classificando-as em técnicas de campo, tais como amostragem do trabalho e "timelapse", técnicas analíticas, incluindo os métodos de rede, programação linear, programação dinâmica, teoria de filas e simulação. Os autores abordam a aplicação de simulação na programação de projetos de construção lineares. Algumas aplicações de simulação são indicadas, e os programas de computador comerciais e alguns desenvolvidos especificamente para a área de construção citados.

CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS BASEADOS NA LINHA DE BALANÇO

A partir de 1972 pesquisadores de vários países propuseram técnicas de programação de projetos repetitivos baseadas nos conceitos da Linha de Balanço.

Os métodos para programação em projetos lineares propostos podem ser classificados em:

(1) métodos de programação seqüencial:

O avanço das atividades é medido de forma contínua, como em projetos de estradas, e canalizações, como os propostos por ROECH (1972) (*Velocity diagrams*) (apud ARDITI e ALBULAK, 1974), JOHNSTON (1981) (*Linear Scheduling Method - LSM*) e CHRZANOWSKI (1986). Consistem em métodos de solução gráfica, cujas fórmulas analíticas podem ser deduzidas, mas muitas considerações sobre o progresso das atividades devem ser lançadas diretamente nos gráficos;

(2) métodos de programação repetitiva:

O avanço das atividades é medido em número de unidades concluídas, como nos propostos por CARR e MEYER (1974), PEER (1974), MELIN e WHITEAKER (1981), STRADAL e CACHA (1982) (*Time Space Scheduling Method*), e MAWDESLEY *et al.* (1990) (*Time Change Charts*);

(3) métodos combinados com técnicas de rede:

métodos de programação repetitiva combinados com técnicas de rede (baseadas no Método do Caminho Crítico - *Critical Path Method, CPM*), incluindo os métodos propostos por O'BRIEN (1975) (*Vertical Production Method*), SUHAIL e NEale (1994) (*CPM/LOB*), PuLtar (1990) (*Progress based construction scheduling*), KALU (1990) (*productivity/PERT/LOB*), RUSSELL (1990) (*REPCON*) e ASSUMPÇÃO (1996);

(4) métodos estruturados:

métodos derivados das formulações clássicas da Linha de Balanço (TURBAN, 1968 e LUMSDEN, 1968) estruturando de forma lógica os procedimentos para a programação das atividades, como os propostos por HALPIN e WOODHEAD (1976) (apud KAVANAGH, 1985), THABET e BELIVEAU (1994) (*Horizontal and Vertical Logic Scheduling - HLVS*);

(5) métodos de simulação:

métodos que simulam os ciclos de repetição das atividades, suas precedências e o uso dos recursos disponíveis, utilizando simulação discreta, simulação de Monte Carlo ou teoria das filas (*queueing theory*), como os propostos KAVANAGH (1985), e LUTZ (1991).

(6) métodos de otimização:

métodos de programação seqüencial utilizando técnicas de programação matemática para solução das equações resultantes como os propostos em programação linear por PERERA (1983), HANDA (1986) e CLAURE (1986), em programação dinâmica por DRESSLER (1974), SELINGER (1980) e RUSSELL e CASELTON (1988), programação não linear por NEVES (1993), REDA (1990), MOSELHI e EI-RAYES (1993), SENOUCI e ELGIN (1996);

APLICAÇÕES

O'BRIEN, KREITZBERG e MIKES (1985) descrevem várias aplicações em projetos nos EUA onde a programação em rede foi utilizada para gerar programações repetitivas, isto é, uma rede protótipo foi utilizada para gerar programas maiores de atividades com elementos repetitivos. Em edifícios altos os autores afirmam que tão logo a construção atinge a torre, ou seja, o primeiro pavimento tipo, o projeto torna-se uma série de ciclos de produção. Nenhuma equipe pode prosseguir muito mais

rápido do que as demais com o risco de entrar em conflito e ser obrigada a parar o seu trabalho. Neste contexto introduzem o método VPM de produção vertical apresentado anteriormente por O'BRIEN (1975), reproduzindo o mesmo exemplo e figuras deste artigo anterior de O'Brien. Concluem o artigo afirmando que os mais recentes programas de computador amigáveis tem tornado possível e prático o uso do CPM desta forma como proposta.

CHYZANOWSKI e JOHNSTON (1986) apresentam um exemplo de aplicação do método LSM em um projeto de construção de uma estrada nos EUA, mostrando detalhes das fases de construção, e dos diagramas de produção (LSM). No diagrama LSM apresentado o eixo vertical é que representa a variável tempo, e o horizontal a distância executada no trecho da estrada. O principal problema com método LSM é que o seu uso é restrito a projetos repetitivos. Atividades não repetitivas podem ser incluídas, mas se for necessário mais detalhes, estes deveriam ser feitos numa programação em rede separada. O LSM é essencialmente gráfico, não podendo ser adaptado para cálculos em computadores como no caso do CPM. Entretanto desenhos por computador (sistemas CAD) com o diagrama LSM podem ser preparados para facilitar sua preparação e revisão, como são apresentados no artigo. Uma rede CPM para o mesmo projeto foi apresentada, concluindo que o método CPM tem a vantagem que determinar mais prontamente o efeito de modificações numa determinada atividade no prazo final do projeto, seguindo-se o fluxo de precedências pela rede. Comparações também são feitas entre a programação elaborada na pesquisa e a seguida na obra.

ARDITI e ALBULAK (1986) descrevem o uso da Linha de Balanço na programação de um projeto de construção de uma estrada. A metodologia aplicada segue a proposta por LUMSDEN (1968) e por uma publicação da Agência Nacional de Habitação do Reino Unido (*Programming House Building by Line of Balance*, National Building Agency, 1968). A metodologia é sucintamente explicada, as fórmulas para obtenção do ritmo e a equação da linha de produção são apresentadas. Os autores enfatizam o uso de um número de equipes múltiplo do ritmo natural de modo a não ter ociosidade e o mais próximo possível do ritmo de conclusão determinado para todo o projeto. A primeira tentativa de criar uma programação consistiu em dividir o projeto em quatro atividades principais. Um diagrama chamado de Diagrama de Velocidade, apresentando as quatro linhas de produção, é traçado considerando o prazo total, uma estimativa para a duração obtida dos subcontratados, a lógica do processo e limitações estratégicas. de velocidade no qual cada atividade é mostrada como uma linha inclinada, cuja inclinação fornece o ritmo de produção. O nível de detalhe deste

diagrama foi considerado insuficiente para o controle do projeto. Então uma rede CPM para 1 km de estrada foi criada, e a partir desta feita uma nova Linha de Balanço. Esta Linha de Balanço foi chamada de Inicial pois eles concluíram que ele seria impraticável no canteiro. Várias modificações foram realizadas, modificando ritmos de produção, equipes e iniciando algumas atividades na data mais tarde possível, obtendo então o diagrama da Linha de Balanço final. Várias considerações são apresentadas sobre o processo de planejamento e uso da Linha de Balanço.

ARDITI e ALBULAK consideram problemática a representação visual da Linha de Balanço para projetos complexos, principalmente pelo excesso de linha no gráfico - "*a jungle of oblique lines*", o desenho de linhas de atividades sobrepostas com ritmos próximos recomendando o uso de diferentes cores, e a escolha da escala do gráfico. Os autores afirmam que planejador experimentado poderá selecionar a melhor solução para o desenho. Arditi e Albulak concluem que a Linha de Balanço proporciona uma melhor compreensão de projetos repetitivos pois permite visualizar o andamento das atividades e modificar facilmente os ritmos de produção para assegurar o fluxo contínuo dos recursos. É possível acompanhar o andamento do projeto no diagrama da Linha de Balanço o que não acontece com as técnicas de rede, sendo umas das razões para a melhor aceitação pelo pessoal de obra. O uso de intervalos de tempo entre as principais fases do projeto para se garantir contra atrasos imprevistos é mais fácil de ser implementado do que nos métodos de rede.

HEINECK (1987) analisou as características de produção (duração, consumo de recursos, intensidade de trabalho, etc.) em canteiros de obras residenciais na Inglaterra. O objetivo principal do trabalho foi investigar a possibilidade de suprir os dados necessários para a aplicação da Linha de Balanço em construções repetitivas. Os dados foram obtidos através de um método modificado de amostragem do trabalho. A variabilidade e falta de ordem no progresso do trabalho de uma unidade para outra dificultou o desenvolvimento das clássicas curvas em forma de "S" relacionando os recursos consumidos com o tempo de construção. Heineck propõe curvas limites com valores mínimos e máximos para cada período de tempo.

SKIBNIEWSKI e MOLINSKI (1989) apresentam um modelo de produção para projetos de múltiplas unidades fabris tendo desenvolvido um protótipo de programa para computador.

COLE (1991) ilustrou as características do método CPM e da Linha de Balanço em seis estudos de casos em canteiros de obras na Austrália. Este concluiu que o método CPM é mais adequado para projetos não repetitivos e a Linha de Balanço para projetos repetitivos.

RUSSELL e WONG (1993) descrevem o uso do sistema REPCON (Russell, 1990) que combina a Linha de Balanço com CPM apresentando quatro exemplos de aplicação que misturam atividades repetitivas com não repetitivas baseados em estudos desenvolvidos numa empresa de construção no Canadá.

FORMOSO (1991) aplicou a Linha de Balanço na programação da construção de conjuntos de residências no Reino Unido desenvolvendo um sistema baseado em conhecimento (sistema especialista).

SUHAIL e NEALE (1994) propõem um método combinando o método CPM com a Linha de Balanço e fizeram várias aplicações em projetos de construção de habitações, pontes, escolas, e subestações elétricas repetitivas.

Outras aplicações da Linha de Balanço são relatadas por KHISTY (1970 apud LUTZ e HIJAZI, 1993), LEVINE *et al.* (1976) e DRESSLER (1980). HARRIS e EVANS (1977) aplicam a Linha de Balanço no desenvolvimento de um jogo de simulação para gerentes de obras de estradas.

PROGRAMAÇÃO EM COMPUTADORES

A programação destes métodos em computador foi considerada uma tarefa simples pelos autores dos primeiros trabalhos em Linha de Balanço (TURBAN, 1968, LEVITT, 1967; DIGMAN, 1968). Já STRADAL e CACHA (1982) consideram difícil a programação em computador do método espaço-tempo apresentado. Esta observação foi reforçada por CHRZANOWSKI e JOHNSTON (1986), os quais afirmam que o método de programação linear (LSM) "é essencialmente gráfico; ele não pode ser adaptado para processamento numérico tão diretamente quanto os métodos de rede. Entretanto, sistemas de desenho (CAD) podem ser utilizados para facilitar a programação e sua revisão." O uso de métodos de programação matemática e a combinação com técnicas de rede (método do caminho crítico) foram propostos para vencer esta dificuldade relativa à programação.

Alguns autores concluíram programas de computador em condições de utilização prática mas que parecem ter se restringido à aplicações inseridas no trabalho

de pesquisa apresentado, ou em projetos isolados, tais como o LSM (CHRZANOWSKI e JOHNSTON, 1986), e VPM (O'BRIEN, 1975).

RUSSELL (1993) indica que o sistema REPCON (RUSSELL, 1990) desenvolvido com apoio de uma empresa de construção de Alberta (Canadá) é comercializado. O programa de simulação MicroCYCLONE (HALPIN, 1977) é comercializado nos EUA porém nada sendo indicado com relação às suas extensões para projetos repetitivos e uso da Linha de Balanço. Suhail e Neale (1994) indicam um modelo de Linha de Balanço desenvolvido em planilha eletrônica por NEALE e RAJU (1988).

O sistema desenvolvido por ASSUMPÇÃO (1996) foi implementado em planilha eletrônica e como resultados traz informações a serem introduzidas em um programa gerenciador de projetos baseado em método de rede. Desta forma pode ser desenvolvido por pessoas com conhecimento nestes aplicativos.

Com o surgimento das técnicas de Inteligência Artificial novos programas de computador foram desenvolvidos, utilizando o que se conhece por sistemas baseados em conhecimento (*knowledge based systems*) ou sistemas especialistas (*expert systems*). Neste tipo de sistema não há a necessidade de uma formulação analítica ou matemática para a busca de uma solução para o problema. No entanto dependendo de como o problema seja modelado podem ocorrer situações em que o sistema não encontre uma solução sem exigir mais informações do usuário. Programas baseados nesta técnica foram desenvolvidos por FORMOSO (1991), SHAKED e WARSZAWSKI (1995), THABET e BELIVEAU (1997) e OLIVEIRA (1994).

ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

Florianópolis, 15 de março de 1.999

Como estudante do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, eu estou realizando um estudo de caso com a implantação de um sistema de informações para programação operacional de produção neste canteiro de obras. No momento estou realizando uma pesquisa para identificar e documentar os fatores que influenciaram os resultados da implantação do sistema, as expectativas dos funcionários em relação a este e a aceitação do novo sistema. O estudo é dirigido à equipe administrativa do canteiro de obras, aos supervisores e prestadores de serviços na produção, aos funcionários que trabalham na produção e aos fornecedores, internos da empresa ou externos.

A pesquisa é dividida em partes, cada uma abrangendo um tipo de pergunta sobre as suas expectativas da importância do sistema, as informações na fase de implantação do sistema, o sucesso da implantação, e sua aceitação e satisfação em relação ao novo sistema. Nenhuma informação confidencial da empresa é solicitada e não há a necessidade de você fornecer detalhes sobre os procedimentos de trabalho adotados pela empresa, limitando-se, apenas, a informações sobre o sistema de programação da produção implantado.

Na última parte solicito algumas informações pessoais que podem ser úteis na análise dos resultados da pesquisa. Peço que também indique seu nome, para alguma necessidade futura de esclarecimentos adicionais e acompanhamento dos resultados do uso do novo sistema. Todas as informações serão confidenciais e os resultados serão utilizados somente para as finalidades da pesquisa e serão divulgados através de médias estatísticas do conjunto de todos os participantes da pesquisa. Seu nome será mantido em código no banco de dados, e sua identificação mantida apenas na ficha pessoal guardada em arquivo pessoal do pesquisador.

A importância do estudo é auxiliar as construtoras no projeto e implantação de sistemas de informações voltados à programação e administração da produção no canteiro de obras.

Obrigado pelo seu tempo e atenção

Sinceramente,

eng. Ricardo Mendes Junior
candidato ao doutorado

RESPOSTAS OBTIDAS

O Questionário é composto das INSTRUÇÕES e 6 PARTES com perguntas de dois tipos:

- questões com alternativas a serem assinaladas. Neste caso estão indicadas as alternativas indicadas pelos respondentes;

- questões para assinalar uma alternativa, cujos níveis variam numa escala de 1 a 5. Neste caso estão indicados entre parêntesis os níveis assinalados e a qualificação das alternativas.

INSTRUÇÕES

Assinale a resposta mais apropriada para as perguntas a seguir, numa das formas:

- Marque a alternativa com um X

- Marque um X à esquerda da alternativa quando existir um campo ____

- Marque com um X ou um círculo o número apropriado. Estas questões apresentam números numa escala de 1 a 5, com uma situação para o nível 1, mais baixo, e outra para o nível 5, mais alto. Os outros números apontam uma situação intermediária entre 1 e 5. O nível 3 não corresponde a nenhuma das situações. Se você não tem nenhum julgamento para a questão proposta, assinale o número 0.

Se as questões não estiverem claras não hesite em contatar o pesquisador para mais esclarecimentos.

Fique à vontade para acrescentar comentários escritos onde achar necessário.

Não se preocupe com alguma palavra nova para você. Use o seu senso de julgamento, que é o que realmente nos interessa. Se ainda existir alguma questão que você não entenda, indique com um sinal de interrogação (?)

Por favor marque o tempo que você gastará para responder este questionário e depois anote aqui:

(65) (21) 0 (16) minutos

PORTE 1 EXPECTATIVAS SOBRE A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA IMPLANTADO:

Quão importante você acredita que foi para a obra adotar um sistema como este?

Pouco importante (5) (5) (5) (5) Muito importante

Quão valioso você acredita que o sistema seja para você?

Pouco valioso (5) (5) (4) (5) Muito valioso

Como você vê a probabilidade do sistema ser bem sucedido?

Fracasso quase certo (4) (5) (4) (5) Provável sucesso

Você acredita que a administração da obra tem habilidade suficiente para manter o sistema?

Não acredito (5) (4) (4) (5) Com certeza

1.5 Você acredita que o sistema é viável em termos de
Tempo necessário dos funcionários?

Inviável (4) (5) (4) (5) Totalmente viável
Disponibilidade de funcionários para aplica-lo?

Inviável (3) (5) (4) (5) Totalmente viável
Compreensão dos funcionários?

Inviável (4) (4) (4) (5) Totalmente viável
Em quanto você espera que o sistema poderia atingir os objetivos almejados?

Objetivos técnicos

Provável que não atinja	(3) (4) (3) (5) Atingirá	Poderá até ir mais longe
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Objetivos gerenciais

Provável que não atinja	(3) (5) (3) (5) Atingirá	Poderá até ir mais longe
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Necessidades dos funcionários

Provável que não atinja	(4) (4) (3) (5) Atingirá	Poderá até ir mais longe
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

cronograma da obra

Provável que não atinja	(3) (5) (5) (5) Atingirá	Poderá até ir mais longe
----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Que tipo de mudanças você espera que resultem da introdução do sistema e como
você vê cada uma em relação ao seu interesse no processo (desfavorável, neutro,
favorável)

x eficiência no trabalho favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x desenvolvimento pessoal	___ desfavorável (1)	neutro (3) favorável
x desenvolvimento profissional favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x relações no trabalho	___ desfavorável ___	neutro (4) favorável
x segurança no trabalho favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x programação das tarefas favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x benefícios financeiros	___ desfavorável ___	neutro (4) favorável
x carga de trabalho	___ desfavorável (2)	neutro (2) favorável
x método de trabalho	___ desfavorável (1)	neutro (2) favorável
x burocracia (trabalho indesejado)	(1) desfavorável (3)	neutro favorável
x nível de responsabilidade favorável	___ desfavorável (1)	neutro (3)

x mudanças de poder favorável	___ desfavorável (2)	neutro (2)
definição de responsabilidade (sugestão do administrador da obra)		
x suporte às decisões favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x qualidade de informação favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x controle do trabalho favorável	___ desfavorável ___	neutro (4)
x produtividade	___ desfavorável (1)	neutro (3) favorável
x fluxo do trabalho	___ desfavorável ___	neutro (3) favorável
___ outras	___ desfavorável ___	neutro ___ favorável
especifique:		

PARTE 2 INFORMAÇÕES SOBRE O SISTEMA

Você recebeu informações sobre os objetivos do sistema?

pouco (4) (4) (5) (5) muitas

Você percebeu os objetivos do sistema?

pouco (4) (5) (5) (5) sim, percebi

Você participa com informações para o sistema?

pouco (3) (4) (4) (5) muito

Na sua opinião, o sistema trata corretamente suas informações?

muito mal (4) (5) (4) (5) muito bem

Você consulta o quadro com informações da programação?

pouco (5) (3) (5) (2) muito (3 vezes por
semanas)

Qual a sua opinião sobre a qualidade das informações divulgadas?

Muito baixa (3) (4) (4) (4) Muito alta

Em quanto o sistema afeta as tarefas por você executadas?

pouco (4) (3) (5) (5) muito

O quão satisfeito você está com o sistema?

Pouco satisfeito (4) (5) (4) (5) muito satisfeito

Em sua opinião Quão bem o sistema trata as seguintes informações?
tarefas (detalhamento)

muito mal (4) (4) (4) (5) muito bem
prazo de execução da tarefa

muito mal (4) (4) (4) (5) muito bem
dia de execução da tarefa

muito mal (3) (4) (4) (3) muito bem

seqüência das tarefas

muito mal (4) (4) (4) (4) muito bem
responsável pela tarefa

muito mal (4) (4) (4) (4) muito bem
local de execução da tarefa

muito mal (5) (5) (4) (5) muito bem
indicação da tarefa

muito mal (4) (4) (4) (4) muito bem

PARTE 3 SUCESSO DA IMPLANTAÇÃO

Em geral, você teve informação suficiente (o que você acha que deveria ter tido) sobre o sistema?

muito pouco (4) (4) (4) (5) muito bem informado
Você foi suficientemente informado sobre o que o sistema seria capaz de fazer por você?

muito pouco (4) (5) (3) (5) muito bem informado
O Quão útil foi o treinamento recebido no uso do sistema?

Não foi útil (4) (5) (3) (5) muito útil

Como você avaliaria o suporte do consultor em apoiar o uso do sistema?

Não foi eficiente (5) (5) (5) (5) muito eficiente
Como você avaliaria o suporte da gerência na implantação do sistema?

Não foi eficiente (4) (4) (4) (5) muito eficiente
Em comparação com outros projetos nesta obra, qual prioridade você acredita que o gerente colocou para a implantação do sistema?

Muito baixa (4) (4) (4) (5) muito alta
Em qual extensão o seu gerente (ou você como gerente):
realizou a programação diretamente

Não realizou (4) (4) (4) (5) Realizou bastante
usou os relatórios do sistema diretamente?

Não usou (4) (3) (4) (5) Usou bastante
usou os relatórios do sistema indiretamente?

Não usou (3) (2) (4) (5) Usou bastante
aguardou informações específicas em resposta a questões por ele levantadas

Nenhuma vez (4) (2) (4) (5) Todo o tempo

usou os resultados do sistema em reuniões de diretoria/coordenação

Não usou (0) (1) (3) (1) Usou bastante
considerou sua habilidade em usar o sistema ao avaliar a sua performance (ou
performance de subordinados seus)

Nenhuma vez (4) (4) (4) (5) Todo o tempo
o quanto ele (você) encorajou a sua equipe para usar o sistema?

Não encorajou (4) (4) (4) (5) encorajou fortemente
Durante a implantação do sistema, como você descreve sua interação com:
outros funcionários

Nenhuma cooperação (5) (4) (4) (5) muito cooperativa
gerente

Nenhuma cooperação (4) (4) (3) (5) muito cooperativa
equipe administrativa

Nenhuma cooperação (4) (4) (4) (5) muito cooperativa
consultor

Nenhuma cooperação (4) (3) (5) (5) muito cooperativa
Em sua opinião, Quão adequado foi o suporte organizacional para a implantação do
sistema em termos de prover recursos (humanos e físicos) necessários?

Muito insuficiente (4) (5) (4) (4) Muito bom
Em sua opinião, quanta atenção foi dada aos aspectos sociais associados com a
implantação deste sistema?

Nenhuma (5) (4) (4) (1) atenção principal

PARTE 4 ACEITAÇÃO

O quanto você continuaria usando este sistema nesta obra?

Pararia de usar (5) (5) (5) (5) Até a conclusão da obra
O quanto você aumentaria o uso do sistema para futuras obras em que você participe?

Pararia de usar (5) (5) (4) (5) Adotaria em todas
O quanto você recomendaria o uso do sistema na empresa?

Parar de usar (4) (5) (4) (5) Adotar em todas as obras
Você aceitou a idéia proposta pelo sistema?

Definitivamente não (4) (4) (4) (5) Aceitei totalmente
Você aceitou a idéia, mas procuraria outro método de trabalho?

Procuraria com (4) (4) (3) (1)... Não procuraria
certeza
Você aceitou o sistema, mas acredita que deva ser melhorado?

Deve ser melhorado com certeza (2) (4) (2) (1) Não precisa ser melhorado

Considerando como custo o tempo necessário para você usar o sistema ou fornecer informações para o sistema, que valor você daria para os benefícios do seu uso:

- _____ benefícios são bem abaixo dos custos
- _____ benefícios são pouco abaixo dos custos
- (1) benefícios são próximos dos custos
- _____ benefícios são acima dos custos
- (2) benefícios são bem acima dos custos
- (1) não sei

Você acredita que a performance do seu trabalho seria prejudicada se o sistema fosse abandonado?

Nem um pouco (3) (5) (4) (5) muito

Você acredita que o cronograma da obra estaria comprometido se o sistema fosse abandonado?

Nem um pouco (3) (4) (4) (5) muito

PARTE 5 SATISFAÇÃO

Em geral, o Quão satisfeito você está com a implantação do sistema?

Nada satisfeito (4) (5) (4) (5) Totalmente satisfeito

O Quão satisfeito você está com a habilidade do sistema em atender as necessidades do seu trabalho?

Nada satisfeito (4) (4) (4) (4) Totalmente satisfeito

O Quão satisfeito você está com a habilidade do sistema em atender as necessidades da obra?

Nada satisfeito (4) (5) (4) (4) Totalmente satisfeito

Em relação às suas expectativas, o Quão satisfeito você está com a implantação do sistema?

Nada satisfeito (4) (4) (4) (5) Totalmente satisfeito

De um modo geral, como você avaliaria o sucesso deste projeto?

Fracasso total (4) (4) (4) (4) Sucesso Total

PARTE 6 INFORMAÇÕES PESSOAIS

Qual é a sua função em relação ao sistema de produção?

- (2) gerente/supervisor
- b) (1) suporte administrativo/operacional
- c) _____ produção (oficial/meio-oficial)
- _____ ajudante de produção
- (1) prestador de serviços (empreiteiro/consultor)
- _____ fornecedor

Qual a sua função em relação ao sistema de programação?

(1) supervisor

(2) auxiliar

(2) usuário de informações

(1) gerador de informações

Qual é o nome da sua função? (Mestre) (Tecnólogo Civil) (Estagiário) (Administrador)

Qual o seu nível de escolaridade?

Primário (1) Ginásio (1) Médio (2) Superior Mestrado Doutorado Outra:
A quanto tempo você concluiu seu último estudo?

Menos de ____ 6 meses ____ 1 ano ____ 2 anos (1) 5 anos (1) 10 anos ____ 15 anos

(1) Mais de 15 anos

Atualmente você está estudando? (3) Sim (1) Não

Você tem feito cursos de reciclagem (curta duração)? (4) Sim Não

Você já tinha conhecimento da existência deste tipo de sistema? (1) Sim (3) Não

Você já trabalhou em alguma empresa que utilizou algum sistema de programação operacional no canteiro? (3) Sim (1) Não

A quanto tempo você trabalha/fornece para esta empresa?

Menos de (1) 6 meses (1) 1 ano ____ 2 anos (1) 3 anos

(1) Mais de 3 anos

A quanto tempo você trabalha/fornece neste canteiro de obras?

Menos de ____ 1 mês ____ 2 meses (1) 3 meses ____ 6 meses

(1) Mais de 6 meses

(2) Desde o início

A quanto tempo você esta na função atual?

Menos de ____ 1 mês (1) 3 meses ____ 6 meses (1) 1 ano ____ 2 anos

(3) Mais de 2 anos

Você já utiliza microcomputadores? (3) Sim (1) Não

Quanto você utiliza pessoalmente microcomputadores?

(1) Não utilizo

____ Raramente

____ 1 vez por mês

(1) 1 vez por semana

____ 2 vezes por semana

(2) todos os dias

Sua idade? (37) (27) (21) (33)

Seu primeiro nome? (Nelson) (Marcos) (Daniel) (José Roberto)

**ANEXO C – PLANILHAS DE PROGRAMAÇÃO OPERACIONAL NO
CANTEIRO DE OBRAS**

Planilha 1		PLANILHA ORÇAMENTÁRIA				
Item	Descrição	Unid	Quantidade Total	Custo unitário	Parcial	Subtotal
1.	SUPRA-ESTRUTURA					23.608,43
1.01	Formas	m2	12.139,95	1,94	23.608,43	
1.02	Armadura	kg	81.151,57			
1.03	Supraestrutura	m3	1.131,09	2,92	3.307,91	
1.04	Desforma	m2	9.189,12	0,30	2.775,49	
2.	ALVENARIA					120.776,76
2.01	Marcação	m	5.986,13	0,50	3.013,43	
2.02	Alvenaria externa	m2	3.670,19	10,89	39.951,87	
2.03	Alvenaria interna	m2	7.988,75	7,30	58.282,04	
2.04	Encunhamento Alvenaria	m	5.591,67	1,51	8.444,57	
2.05	Chapisco parede interna	m2	15.567,71	0,71	11.084,85	
3.	TUBULAÇÕES					1.155,19
3.01	Prumadas de água e incêndio	pt	3.177,08			
3.02	Prumadas elétricas	pt	3.228,13			
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	m	3.177,08			
3.04	Rasgos tubulação elétrica	m	3.228,13			
3.05	Tubulação hidráulica	m	3.177,08			
3.06	Tubulação esgoto	m	2.287,50			
3.07	Tubulação gás	m	1.334,38			
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	m	6.263,96			
3.09	Fechamento dos rasgos	m	6.417,71	0,18	1.155,19	
4.	ESQUADRIAS					271.130,61
4.01	Contramarcos de alumínio	pç	625,00	0,50	314,63	
4.02	Contramarcos de madeira	pç	375,00	5,39	2.019,49	
4.03	Caixilhos de madeira	pç	625,00	2,52	1.573,13	
4.04	Portas de madeira	pç	625,00	115,44	72.149,24	
4.05	Rodapés de madeira	m	5.697,29	15,13	86.215,15	
4.06	Esquadrias de alumínio	pç	937,50	82,53	77.372,45	
4.07	Box e espelhos	pç	22,00	108,07	2.377,50	
4.08	Peitoris	m	559,38	15,52	8.683,63	
4.09	Soleiras	m	635,42	2,01	1.279,48	
4.10	Vidros comuns	m2	715,42	26,76	19.145,91	
5.	REV. INTERNOS					184.209,35
5.01	Emboço parede interna	m2	12.581,25	2,35	29.568,53	
5.02	Reboco parede interna	m2	19.380,21	1,69	32.756,54	
5.03	Chapisco de tetos	m2	5.075,20	1,04	5.274,41	
5.04	Emboço de tetos	m2	4.424,53	2,60	11.512,22	
5.05	Reboco de teto	m2	5.270,40	1,94	10.234,63	
5.06	Azulejos	m2	3.621,88	7,92	28.689,69	
5.07	Pedras em paredes internas	m2	1.080,21	44,38	47.941,71	
5.08	Forno interno	m2	1.588,54	9,67	15.358,07	
5.09	Chapisco e emboço da escada	m2	1.041,07	2,76	2.873,56	
6.	REV. EXTERNOS					44.717,19
6.01	Chapisco parede externa	m2	3.685,42	0,74	2.734,73	
6.02	Emboço parede externa	m2	3.177,08	3,16	10.055,37	
6.03	Reboco de paredes externas	m2	3.685,42	1,80	6.634,51	
6.04	Cerâmica parede externa	m2	2.414,58	6,87	16.580,47	
6.05	Forno externo	m2	300,00	22,07	6.622,37	
6.06	Pedras em fachadas	m2	1.125,45	1,86	2.089,74	
7.	PISOS					342.248,53
7.01	Regularização de superfícies	m2	571,88	6,32	3.614,13	
7.02	Impermeabilização e proteção	m2	1.779,17	6,60	11.742,99	
7.03	Contrapiso	m2	6.098,54	3,83	23.358,67	
7.04	Pisos cimentado	m2	2.797,29	77,60	217.069,27	
7.05	Pisos cerâmicos	m2	3.996,46	10,07	40.245,16	
7.06	Pedra em piso interno	m2	635,42	1,21	766,82	
7.07	Piso laminado	m2	1.500,60	19,01	28.531,82	
7.08	Piso hall/escadaria	m2	768,60	22,01	16.919,66	
8.	INSTALAÇÕES					138.402,82
8.01	Acabamentos de inc e gás	pt	192,00			
8.02	Metais e acessórios	pç	416,67	198,11	82.545,83	
8.03	Louças	pç	187,50	232,59	43.610,63	
8.04	Tanques	pç	40,00	102,00	4.080,00	
8.05	Banheiras	pç	20,00	408,32	8.166,36	
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	m	63.541,67			
8.07	Interruptores e tomadas	pç	1.906,25			
9.	PINTURA E LIMPEZA					7.811,13
9.01	Massa corrida	m2	4.062,50	0,99	4.021,88	
9.02	Pintura interna	m2	4.062,50	0,85	3.453,13	
9.03	Pintura de escadaria	m2	332,80	1,01	336,13	
9.04	Limpeza	m2		1,10		
				</		

Planilha 5		CUSTOS TOTAIS			
Item	Descrição	Material	Pessoal	E.Sociais	Total
1.	SUPRA-ESTRUTURA				
1.01	Formas		9.060,65	14.547,78	23.608,43
1.02	Armadura				
1.03	Supraestrutura		1.269,54	2.038,37	3.307,91
1.04	Desforma		1.065,20	1.710,29	2.775,49
2.	ALVENARIA				
2.01	Marcação		1.156,52	1.856,91	3.013,43
2.02	Alvenaria externa	26.095,03	5.318,10	8.538,74	39.951,87
2.03	Alvenaria interna	28.120,40	11.575,70	18.585,94	58.282,04
2.04	Encunhamento Alvenaria		3.240,93	5.203,64	8.444,57
2.05	Chapisco parede interna	6.382,76	1.804,61	2.897,48	11.084,85
3.	TUBULAÇÕES				
3.01	Prumadas de água e incêndio				
3.02	Prumadas elétricas				
3.03	Rasgos tubulação hidráulica				
3.04	Rasgos tubulação elétrica				
3.05	Tubulação hidráulica				
3.06	Tubulação esgoto				
3.07	Tubulação gás				
3.08	Tubulação elétrica/telefônica				
3.09	Fechamento dos rasgos	1.155,19			1.155,19
4.	ESQUADRIAS				
4.01	Contramarcos de alumínio		120,75	193,88	314,63
4.02	Contramarcos de madeira	1.170,00	326,03	523,47	2.019,49
4.03	Caixilhos de madeira		603,75	969,38	1.573,13
4.04	Portas de madeira	66.250,00	2.264,06	3.635,18	72.149,24
4.05	Rodapés de madeira	79.762,08	2.476,61	3.976,45	86.215,15
4.06	Esquadrias de alumínio	73.125,00	1.630,13	2.617,33	77.372,45
4.07	Box e espelhos	2.156,00	85,01	136,49	2.377,50
4.08	Peitoris	6.712,50	756,50	1.214,63	8.683,63
4.09	Soleiras		491,05	788,43	1.279,48
4.10	Vidros comuns	17.885,42	483,76	776,73	19.145,91
5.	REV. INTERNOS				
5.01	Emboço parede interna	10.568,25	7.292,09	11.708,18	29.568,53
5.02	Reboco parede interna	3.488,44	11.232,77	18.035,33	32.756,54
5.03	Chapisco de tetos	2.080,83	1.225,66	1.967,92	5.274,41
5.04	Emboço de tetos	3.716,61	2.991,87	4.803,75	11.512,22
5.05	Reboco de teto	948,67	3.563,84	5.722,11	10.234,63
5.06	Azulejos	22.672,94	2.309,16	3.707,59	28.689,69
5.07	Pedras em paredes internas	46.038,48	730,44	1.172,79	47.941,71
5.08	Forro interno	11.119,79	1.626,60	2.611,67	15.358,07
5.09	Chapisco e emboço da escada	1.301,33	603,40	968,82	2.873,56
6.	REV. EXTERNOS				
6.01	Chapisco parede externa	1.621,58	427,21	685,93	2.734,73
6.02	Emboço parede externa	3.018,23	2.700,78	4.336,36	10.055,37
6.03	Reboco de paredes externas	1.068,77	2.136,07	3.429,67	6.634,51
6.04	Cerâmica parede externa	14.149,46	933,00	1.498,02	16.580,47
6.05	Forro externo	5.754,00	333,27	535,10	6.622,37
6.06	Pedras em fachadas	956,63	434,87	698,23	2.089,74
7.	PISOS				
7.01	Regularização de superfícies	2.361,84	480,62	771,68	3.614,13
7.02	Impermeabilização e proteção	3.771,83	3.059,24	4.911,92	11.742,99
7.03	Contrapiso	14.148,62	3.534,71	5.675,34	23.358,67
7.04	Pisos cimentado	210.943,76	2.350,90	3.774,60	217.069,27
7.05	Pisos cerâmicos	34.209,68	2.316,35	3.719,13	40.245,16
7.06	Pedra em piso interno	127,08	245,53	394,21	766,82
7.07	Piso laminado	25.510,20	1.159,66	1.861,96	28.531,82
7.08	Piso hall/escadaria	15.372,00	593,97	953,68	16.919,66
8.	INSTALAÇÕES				
8.01	Acabamentos de inc e gás				
8.02	Metais e acessórios				
8.03	Louças	82.545,83			82.545,83
8.04	Tanques	43.610,63			43.610,63
8.05	Banheiras	4.080,00			4.080,00
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	7.965,00	77,28	124,08	8.166,36
8.07	Interruptores e tomadas				
9.	PINTURA E LIMPEZA				
9.01	Massa corrida				
9.02	Pintura interna	4.021,88			4.021,88
9.03	Pintura de escadaria	3.453,13			3.453,13
9.04	Limpeza	336,13			336,13
	TOTAL	889.776,00	96.088,19	154.279,20	1.140.143,40
		78,0%	8,4%	13,5%	

QUANTIDADE DOS SERVIÇOS											
Planilha 2	Item	Descrição	Unid	Subsolo	Térreo	Atico	Tipo	Quant. Total	Total/ Tipo	Índice up/m2	Ref. up/m2
	1.	SUPRA-ESTRUTURA									
	1.01	Formas	m2		569,06	189,69	569,06	12.139,95	21,33	1,87	2,07
	1.02	Armadura	kg		3.803,98	1.267,99	3.803,98	81.151,57	21,33	12,47	13,42
	1.03	Supraestrutura	m3		53,02	17,67	53,02	1.131,09	21,33	0,17	0,17
	1.04	Desforma	m2		430,74	143,58	430,74	9.189,12	21,33	1,41	
	2.	ALVENARIA									
	2.01	Marcação	m		280,60	93,53	280,60	5.986,13	21,33	0,92	0,92
	2.02	Alvenaria externa	m2		172,04	57,35	172,04	3.670,19	21,33	0,56	0,37
	2.03	Alvenaria interna	m2		191,73	127,82	383,46	7.988,75	20,83	1,26	0,99
	2.04	Encunhamento Alvenaria	m		134,20	89,47	268,40	5.591,67	20,83	0,88	0,88
	2.05	Chapisco parede interna	m2		373,63	249,08	747,25	15.567,71	20,83	2,45	2,45
	3.	TUBULAÇÕES									
	3.01	Prumadas de água e incêndio	pt		15	15	15	330,00	22,00	0,05	0,52
	3.02	Prumadas elétricas	pt		6	6	6	132,00	22,00	0,02	0,02
	3.03	Rasgos tubulação hidráulica	m		76,25	50,83	152,50	3.177,08	20,83	0,50	0,6
	3.04	Rasgos tubulação elétrica	m		77,48	51,65	154,95	3.228,13	20,83	0,51	0,63
	3.05	Tubulação hidráulica	m		76,25	50,83	152,50	3.177,08	20,83	0,50	0,52
	3.06	Tubulação esgoto	m		54,90	36,60	109,80	2.287,50	20,83	0,36	0,36
	3.07	Tubulação gás	m		32,03	21,35	64,05	1.334,38	20,83	0,21	0,12
	3.08	Tubulação elétrica/telefônica	m		150,34	100,22	300,67	6.263,96	20,83	0,99	1,97
	3.09	Fechamento dos rasgos	m		154,03	102,68	308,05	6.417,71	20,83	1,01	1,94
	4.	ESQUADRIAS									
	4.01	Contramarcos de alumínio	pc		15,00	10,00	30,00	625,00	20,83	0,10	0,13
	4.02	Contramarcos de madeira	pc		9,00	6,00	18,00	375,00	20,83	0,06	0,06
	4.03	Caixilhos de madeira	pc		15,00	10,00	30,00	625	20,83	0,10	0,06
	4.04	Portas de madeira	pc		15,00	10,00	30,00	625	20,83	0,10	0,06
	4.05	Rodapés de madeira	m		136,74	91,16	273,47	5.697,29	20,83	0,90	0,59
	4.06	Esquadrias de alumínio	pc		22,50	15,00	45,00	938	20,83	0,15	
	4.07	Box e espelhos	pc		1,00	1,00	1,00	22,00	22,00	1	2
	4.08	Pelotris	m		13,43	8,95	26,85	559,38	20,83	0,09	0,02
	4.09	Soleiras	m		15,25	10,17	30,50	635,42	20,83	0,10	0,1
	4.10	Vidros comuns	m2		17,17	11,45	34,34	715,42	20,83	0,11	0,52
	5.	REV. INTERNOS									
	5.01	Emboço parede interna	m2		301,95	201,30	603,90	12.581,25	20,83	1,98	1,98
	5.02	Reboco parede interna	m2		465,13	310,08	930,25	19.380,21	20,83	3,05	3,05
	5.03	Chapisco de tetos	m2		237,90	79,30	237,90	5.075,20	21,33	0,78	0,78
	5.04	Emboço de tetos	m2		207,40	69,13	207,40	4.424,53	21,33	0,68	0,68
	5.05	Reboco de teto	m2		247,05	82,35	247,05	5.270,40	21,33	0,81	0,81
	5.06	Azuulejos	m2		86,93	57,95	173,85	3.621,88	20,83	0,57	0,57
	5.07	Pedras em paredes internas	m2		25,93	17,28	51,85	1.080,21	20,83	0,17	0,17
	5.08	Forro interno	m2		38,13	25,42	76,25	1.588,54	20,83	0,25	0,25
	5.09	Chapisco e emboço da escada	m2		48,80	16,27	48,80	1.041,07	21,33	0,16	0,16
	6.	REV. EXTERNOS									
	6.01	Chapisco parede externa	m2		88,45	58,97	176,90	3.685,42	20,83	0,58	0,58
	6.02	Emboço parede externa	m2		76,25	50,83	152,50	3.177,08	20,83	0,50	0,5
	6.03	Reboco de paredes externas	m2		88,45	58,97	176,90	3.685,42	20,83	0,58	0,58
	6.04	Cerâmica parede externa	m2		57,95	38,63	115,90	2.414,58	20,83	0,38	0,77
	6.05	Forro externo	m2				15,00	300,00	20,00	0,05	0,05
	6.06	Pedras em fachadas	m2		27,45		54,90	1.125,45	20,50	0,18	
	7.	PISOS									
	7.01	Regularização de superfícies	m2		13,73	9,15	27,45	571,88	20,83	0,09	0,09
	7.02	Impermeabilização e proteção	m2		42,70	28,47	85,40	1.779,17	20,83	0,28	0,09
	7.03	Contrapiso	m2		146,37	97,58	292,73	6.098,54	20,83	0,96	0,73

7.04	Pisos cimentado	m2		67,14	44,76	134,27	2.797,29	20,83	0,44	0,21
7.05	Pisos cerâmicos	m2		95,92	63,94	191,83	3.996,46	20,83	0,63	0,29
7.06	Pedra em piso interno	m2		15,25	10,17	30,50	635,42	20,83	0,10	
7.07	Piso laminado	m2		36,60		73,20	1.500,60	20,50	0,24	0,24
7.08	Piso hall/escadaria	m2		36,60		36,60	768,60	21,00	0,12	0,12
8	INSTALAÇÕES									
8.01	Acabamentos de inc e gás	pt		9,00	3,00	9,00	192,00	21,33	0,03	0,03
8.02	Metais e acessórios	pç		10,00	6,67	20	416,67	20,83	20,00	20,2
8.03	Louças	pç		4,50	3,00	9	187,50	20,83	9,00	8,7
8.04	Tanques	pç				2	40,00	20,00	2,00	1,7
8.05	Banheiras	pç				1	20,00	20,00	1,00	1,3
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	m		1.525,00	1.016,67	3.050,00	63.541,67	20,83	10,00	10,65
8.07	Interruptores e tomadas	pç		45,75	30,50	91,50	1.906,25	20,83	0,30	0,29
9	PINTURA E LIMPEZA									
9.01	Massa corrida	m2		97,50	65,00	195,00	4.062,50	20,83	0,64	2,3
9.02	Pintura interna	m2		97,50	65,00	195,00	4.062,50	20,83	0,64	2,82
9.03	Pintura de escadaria	m2		15,60	5,20	15,60	332,80	21,33	0,05	0,26
9.04	Limpeza	m2		305,00	100,00	305,00	6.505,00	21,33	1,00	1
	Repetição			1	1	20		20,95		
	Área construída			305,00	100,00	305,00	6.505,00	21,33		
	Fator de repetição			0,61	0,33	1,00		20,95	Adm	2,332

Planilha 6		PRODUTIVIDADE POR PAVIMENTO TIPO						
Item	Descrição	Unid	Oficial hh/up	Pedreiro hh/up	Servente hh/up	Produtividade up/hdia	Total hh	Demanda h.dia
1.	SUPRA-ESTRUTURA							
1.01	Formas	m2	0,70			12,57	398,34	45,3
1.02	Armadura	kg	0,10			88,00	380,40	43,2
1.03	Supraestrutura	m3			1,60	5,50	84,83	9,6
1.04	Desforma	m2		0,12		73,33	51,69	5,9
2.	ALVENARIA							
2.01	Marcação	m		0,20		44,00	56,12	6,4
2.02	Alvenaria externa	m2		1,50		5,87	258,06	29,3
2.03	Alvenaria interna	m2		1,50		5,87	575,19	65,4
2.04	Encunhamento Alvenaria	m		0,60		14,67	161,04	18,3
2.05	Chapisco parede interna	m2		0,12		73,33	89,67	10,2
3.	TUBULAÇÕES							
3.01	Prumadas de água e incêndio	pt	1,50			5,87	22,50	2,6
3.02	Prumadas elétricas	pt	1,50			5,87	9,00	1,0
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	m	0,10			88,00	15,25	1,7
3.04	Rasgos tubulação elétrica	m	0,25			35,20	38,74	4,4
3.05	Tubulação hidráulica	m	0,50			17,60	76,25	8,7
3.06	Tubulação esgoto	m	0,42			20,95	46,12	5,2
3.07	Tubulação gás	m	0,14			62,86	8,97	1,0
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	m	0,45			19,56	135,30	15,4
3.09	Fechamento dos rasgos	m	0,05			176,00	15,40	1,8
4.	ESQUADRIAS							
4.01	Contramarcos de alumínio	pç		0,20		44,00	6,00	0,7
4.02	Contramarcos de madeira	pç	0,90			9,78	16,20	1,8
4.03	Caixilhos de madeira	pç	1,00			8,80	30,00	3,4
4.04	Portas de madeira	pç	3,75			2,35	112,50	12,8
4.05	Rodapés de madeira	m	0,45			19,56	123,06	14,0
4.06	Esquadrias de alumínio	pç		1,80		4,89	81,00	9,2
4.07	Box e espelhos	pç		4,00		2,20	4,00	0,5
4.08	Peitoris	m		1,40		6,29	37,59	4,3
4.09	Soleiras	m		0,80		11,00	24,40	2,8
4.10	Vidros comuns	m2		0,70		12,57	24,04	2,7
5.	REV. INTERNOS							
5.01	Emboço parede interna	m2		0,60		14,67	362,34	41,2
5.02	Reboco parede interna	m2		0,60		14,67	558,15	63,4
5.03	Chapisco de tetos	m2		0,25		35,20	59,48	6,8
5.04	Emboço de tetos	m2		0,70		12,57	145,18	16,5
5.05	Reboco de teto	m2		0,70		12,57	172,94	19,7
5.06	Azulejos	m2		0,66		13,33	114,74	13,0
5.07	Pedras em paredes internas	m2		0,70		12,57	36,30	4,1
5.08	Forro interno	m2		1,06		8,30	80,83	9,2
5.09	Chapisco e emboço da escada	m2		0,60		14,67	29,28	3,3
6.	REV. EXTERNOS							
6.01	Chapisco parede externa	m2		0,12		73,33	21,23	2,4
6.02	Emboço parede externa	m2		0,88		10,00	134,20	15,3
6.03	Reboco de paredes externas	m2		0,60		14,67	106,14	12,1
6.04	Cerâmica parede externa	m2		0,40		22,00	46,36	5,3
6.05	Forro externo	m2	1,15			7,65	17,25	2,0
6.06	Pedras em fachadas	m2		0,40		22,00	21,96	2,5
7.	PISOS							
7.01	Regularização de superfícies	m2		0,87		10,11	23,88	2,7
7.02	Impermeabilização e proteção	m2		1,78		4,94	152,01	17,3
7.03	Contrapiso	m2		0,60		14,67	175,64	20,0
7.04	Pisos cimentado	m2		0,87		10,11	116,81	13,3
7.05	Pisos cerâmicos	m2		0,60		14,67	115,10	13,1
7.06	Pedra em piso interno	m2		0,40		22,00	12,20	1,4
7.07	Piso laminado	m2		0,80		11,00	58,56	6,7
7.08	Piso hall/escadaria	m2		0,80		11,00	29,28	3,3
8.	INSTALAÇÕES							
8.01	Acabamentos de inc e gás	pt	1,20			7,33	10,80	1,2
8.02	Metais e acessórios	pç	0,50				10,00	1,1
8.03	Louças	pç	2,49			3,53	22,41	2,5
8.04	Tanques	pç	3,00			2,93	6,00	0,7
8.05	Banheiras	pç		4,00		2,20	4,00	0,5
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	m	0,06			146,67	183,00	20,8
8.07	Interruptores e tomadas	pç	0,71			12,39	64,97	7,4
9.	PINTURA E LIMPEZA							
9.01	Massa corrida	m2	0,30			29,33	58,50	6,6
9.02	Pintura interna	m2	0,80				156,00	17,7
9.03	Pintura de escadaria	m2	0,40			22,00	6,24	0,7
9.04	Limpeza	m2			0,60	14,67	183,00	20,8

Planilha 7		DURAÇÃO UNITÁRIA DAS ATIVIDADES NO TIPO				
Item	Descrição	Demanda h.dia	Equipe (oficiais)	Duração dias	Duração adotada	Equipe Total (h)
1.	SUPRA-ESTRUTURA					
1.01	Formas	45,3	12	3,8	4,0	14
1.02	Armadura	43,2	8	5,4	6,0	8
1.03	Supraestrutura	9,6	6	1,6	2,0	6
1.04	Desforma	5,9	6	1,0	1,0	6
2.	ALVENARIA					
2.01	Marcação	6,4	2	3,2	4,0	2
2.02	Alvenaria externa	29,3	7	4,2	5,0	7
2.03	Alvenaria interna	65,4	7	9,3	10,0	7
2.04	Encunhamento Alvenaria	18,3	2	9,2	10,0	2
2.05	Chapisco parede interna	10,2	2	5,1	6,0	2
3.	TUBULAÇÕES					
3.01	Prumadas de água e incêndio	2,6	1	2,6	3,0	1
3.02	Prumadas elétricas	1,0	1	1,0	1,0	1
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	1,7	1	1,7	2,0	1
3.04	Rasgos tubulação elétrica	4,4	2	2,2	3,0	2
3.05	Tubulação hidráulica	8,7	3	2,9	3,0	3
3.06	Tubulação esgoto	5,2	3	1,7	2,0	3
3.07	Tubulação gás	1,0	3	0,3	1,0	3
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	15,4	3	5,1	6,0	3
3.09	Fechamento dos rasgos	1,8	2	0,9	1,0	2
4.	ESQUADRIAS					
4.01	Contramarcos de alumínio	0,7	2	0,4	1,0	2
4.02	Contramarcos de madeira	1,8	2	0,9	1,0	2
4.03	Caixilhos de madeira	3,4	2	1,7	2,0	2
4.04	Portas de madeira	12,8	3	4,3	5,0	3
4.05	Rodapés de madeira	14,0	3	4,7	5,0	3
4.06	Esquadrias de alumínio	9,2	3	3,1	4,0	3
4.07	Box e espelhos	0,5	1	0,5	1,0	1
4.08	Peltores	4,3	3	1,4	2,0	3
4.09	Soleiras	2,8	3	0,9	1,0	3
4.10	Vidros comuns	2,7	2	1,4	2,0	2
5.	REV. INTERNOS					
5.01	Emboço parede interna	41,2	6	6,9	7,0	6
5.02	Reboco parede interna	63,4	6	10,6	11,0	6
5.03	Chapisco de tetos	6,8	3	2,3	3,0	3
5.04	Emboço de tetos	16,5	3	5,5	6,0	3
5.05	Reboco de teto	19,7	3	6,6	7,0	3
5.06	Azulejos	13,0	5	2,6	3,0	5
5.07	Pedras em paredes internas	4,1	2	2,1	3,0	2
5.08	Forro interno	9,2	2	4,6	5,0	2
5.09	Chapisco e emboço da escada	3,3	2	1,7	2,0	2
6.	REV. EXTERNOS					
6.01	Chapisco parede externa	2,4	6	0,4	1,0	6
6.02	Emboço parede externa	15,3	6	2,6	3,0	6
6.03	Reboco de paredes externas	12,1	6	2,0	2,0	6
6.04	Cerâmica parede externa	5,3	8	0,7	1,0	8
6.05	Forro externo	2,0	1	2,0	2,0	1
6.06	Pedras em fachadas	2,5	6	0,4	1,0	6
7.	PISOS					
7.01	Regularização de superfícies	2,7	2	1,4	2,0	2
7.02	Impermeabilização e proteção	17,3	2	8,7	9,0	2
7.03	Contrapiso	20,0	4	5,0	5,0	4
7.04	Pisos cimentado	13,3	3	4,4	5,0	3
7.05	Pisos cerâmicos	13,1	3	4,4	5,0	3
7.06	Pedra em piso interno	1,4	3	0,5	1,0	3
7.07	Piso laminado	6,7	3	2,2	3,0	3
7.08	Piso hall/escadaria	3,3	1	3,3	4,0	1
8.	INSTALAÇÕES					
8.01	Acabamentos de inc e gás	1,2	2	0,6	1,0	2
8.02	Metais e acessórios	1,1	2	0,6	1,0	2
8.03	Louças	2,5	2	1,3	2,0	2
8.04	Tanques	0,7	2	0,4	1,0	2
8.05	Banheiras	0,5	2	0,3	1,0	2
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	20,8	6	3,5	4,0	6
8.07	Interruptores e tomadas	7,4	2	3,7	4,0	2
9.	PINTURA E LIMPEZA					
9.01	Massa corrida	6,6	5	1,3	2,0	5
9.02	Pintura interna	17,7	7	2,5	3,0	7
9.03	Pintura de escadaria	0,7	1	0,7	1,0	1
9.04	Limpeza	20,8	6	3,5	4,0	6

Planilha 8		REDE MESTRE - TIPO							
Item	Descrição	Duração	Início cedo	Início tarde	Final cedo	Final tarde	Folga Total	C C	Ordem na Rede
1.	SUPRA-ESTRUTURA								
1.01	Formas	4,0			4,0	4,0		*	1
1.02	Armadura	6,0	4,0	4,0	10,0	10,0		*	2
1.03	Supraestrutura	2,0	10,0	10,0	12,0	12,0		*	3
1.04	Desforma	1,0	12,0	12,0	13,0	13,0		*	4
2.	ALVENARIA								
2.01	Marcação	4,0	13,0	13,0	17,0	17,0		*	5
2.02	Alvenaria externa	5,0	17,0	17,0	22,0	22,0		*	6
2.03	Alvenaria interna	10,0	22,0	22,0	32,0	32,0		*	7
2.04	Encunhamento Alvenaria	10,0	32,0	32,0	42,0	42,0		*	8
2.05	Chapisco parede interna	6,0	42,0	42,0	48,0	48,0		*	9
3.	TUBULAÇÕES								
3.01	Prumadas de água e incêndio	3,0	13,0	32,0	16,0	35,0	19,0		5
3.02	Prumadas elétricas	1,0	16,0	35,0	17,0	36,0	19,0		6
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	2,0	18,0	37,0	20,0	39,0	19,0		8
3.04	Rasgos tubulação elétrica	3,0	20,0	39,0	23,0	42,0	19,0		9
3.05	Tubulação hidráulica	3,0	23,0	42,0	26,0	45,0	19,0		10
3.06	Tubulação esgoto	2,0	26,0	45,0	28,0	47,0	19,0		11
3.07	Tubulação gás	1,0	17,0	36,0	18,0	37,0	19,0		7
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	6,0	28,0	47,0	34,0	53,0	19,0		12
3.09	Fechamento dos rasgos	1,0	34,0	53,0	35,0	54,0	19,0		13
4.	ESQUADRIAS								
4.01	Contramarcos de alumínio	1,0	22,0	64,0	23,0	65,0	42,0		7
4.02	Contramarcos de madeira	1,0	66,0	73,0	67,0	74,0	7,0		12
4.03	Caixilhos de madeira	2,0	67,0	74,0	69,0	76,0	7,0		13
4.04	Portas de madeira	5,0	69,0	76,0	74,0	81,0	7,0		14
4.05	Rodapés de madeira	5,0	84,0	84,0	89,0	89,0		*	21
4.06	Esquadrias de alumínio	4,0	32,0	74,0	36,0	78,0	42,0		13
4.07	Box e espelhos	1,0	77,0	88,0	78,0	89,0	11,0		17
4.08	Peitoris	2,0	30,0	72,0	32,0	74,0	42,0		12
4.09	Soleiras	1,0	36,0	78,0	37,0	79,0	42,0		14
4.10	Vidros comuns	2,0	37,0	79,0	39,0	81,0	42,0		15
5.	REV. INTERNOS								
5.01	Emboço parede interna	7,0	48,0	55,0	55,0	62,0	7,0		10
5.02	Reboco parede interna	11,0	55,0	62,0	66,0	73,0	7,0		11
5.03	Chapisco de tetos	3,0	48,0	48,0	51,0	51,0		*	10
5.04	Emboço de tetos	6,0	51,0	51,0	57,0	57,0		*	11
5.05	Reboco de teto	7,0	57,0	57,0	64,0	64,0		*	12
5.06	Azulejos	3,0	64,0	64,0	67,0	67,0		*	14
5.07	Pedras em paredes internas	3,0	67,0	67,0	70,0	70,0		*	15
5.08	Fôrro interno	5,0	70,0	70,0	75,0	75,0		*	16
5.09	Chapisco e emboço da escada	2,0	75,0	82,0	77,0	84,0	7,0		17
6.	REV. EXTERNOS								
6.01	Chapisco parede externa	1,0	23,0	65,0	24,0	66,0	42,0		8
6.02	Emboço parede externa	3,0	24,0	66,0	27,0	69,0	42,0		9
6.03	Reboco de paredes externas	2,0	27,0	69,0	29,0	71,0	42,0		10
6.04	Cerâmica parede externa	1,0	29,0	71,0	30,0	72,0	42,0		11
6.05	Fôrro externo	2,0	30,0	86,0	32,0	88,0	56,0		12
6.06	Pedras em fachadas	1,0	32,0	88,0	33,0	89,0	56,0		13
7.	PISOS								
7.01	Regularização de superfícies	2,0	35,0	54,0	37,0	56,0	19,0		14
7.02	Impermeabilização e proteção	9,0	37,0	56,0	46,0	65,0	19,0		15
7.03	Contrapiso	5,0	46,0	65,0	51,0	70,0	19,0		16
7.04	Pisos cimentado	5,0	51,0	70,0	56,0	75,0	19,0		17
7.05	Pisos cerâmicos	5,0	75,0	75,0	80,0	80,0		*	18
7.06	Pedra em piso interno	1,0	80,0	80,0	81,0	81,0		*	19
7.07	Piso laminado	3,0	81,0	81,0	84,0	84,0		*	20
7.08	Piso hall/escadaria	4,0	84,0	84,0	88,0	88,0		*	21
8.	INSTALAÇÕES								
8.01	Acabamentos de inc e gás	1,0	85,0	88,0	86,0	89,0	3,0		20
8.02	Metais e acessórios	1,0	76,0	87,0	77,0	88,0	11,0		16
8.03	Louças	2,0	74,0	85,0	76,0	87,0	11,0		15
8.04	Tanques	1,0	82,0	88,0	83,0	89,0	6,0		21
8.05	Banheiras	1,0	81,0	87,0	82,0	88,0	6,0		20
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	4,0	77,0	80,0	81,0	84,0	3,0		18
8.07	Interruptores e tomadas	4,0	81,0	84,0	85,0	88,0	3,0		19
9.	PINTURA E LIMPEZA								
9.01	Massa corrida	2,0	75,0	78,0	77,0	80,0	3,0		17
9.02	Pintura interna	3,0	77,0	81,0	80,0	84,0	4,0		18
9.03	Pintura de escadaria	1,0	88,0	88,0	89,0	89,0		*	22
9.04	Limpeza	4,0	89,0	89,0	93,0	93,0		*	23

Planilha 10																
PROGRAMAÇÃO POR LINHA DE BALANÇO																
Item	Descrição	Equipe (oficiais)	Duração Tipo	Número de Equipes	Ritmo Calc.	Ritmo	Duração Total	Sentido	Duas etapas?	Marco	Defasagem	Cálculo das Datas				
												Início 1o. Pav	Início Pav Int	Início Int+1	Início Últ Pav	Início 1o. Pav
1.	SUPRAESTRUTURA															
1.01	Forma	12	3,8	1	3,8	6,0	123		N	150		150	210	216	270	150
1.02	Armad	8	5,4	1	5,4	6,0	125		N			153	213	219	273	153
1.03	Concr	6	1,6	1	1,6	6,0	121		N			158	218	224	278	158
1.04	Desfor	6	1,0	1	1,0	6,0	121		N			159	219	225	279	159
2.	ALVENARIA															
2.01	MarcAlv	2	3,2	1	3,2	3,2	67		N			160	220	226	280	216
2.02	AlvExt	7	4,2	1	4,2	4,2	88		N			219	261	265	303	219
2.03	AlvInt	6	10,9	2	5,5	5,3	116		N			223	276	281	329	223
2.04	EncAlv	1	4,0	1	4,0	4,0	84		N			233	286	292	339	259
2.05	ChapInt			1		4,0	80		N			263	303	307	343	263
3.	TUBULAÇÕES															
3.01	PrumHidr	2	2,0	1	2,0	2,0	42		N			160	220	226	280	240
3.02	PrumElét	1	1,0	1	1,0	2,0	41		N			242	262	264	282	242
3.03	RasgHidr	1	2,0	1	2,0	4,0	82		N			248	298	303	348	268
3.04	RasgElét	2	3,0	1	3,0	4,0	83		N			270	310	314	350	270
3.05	InstHidr	3	3,0	1	3,0	4,0	83		N			273	313	317	353	273
3.06	InstEsg	2	3,0	1	3,0	4,0	83		N			276	316	320	356	276
3.07	InstGas	1	5,0	1	5,0	5,0	105		N			243	293	298	343	243
3.08	InstElét	4	4,0	1	4,0	4,0	84		N			279	319	323	359	279
3.09	FechRasg	1	2,0	1	2,0	4,0	82		N			283	323	327	363	283
4.	ESQUADRIAS															
4.01	ContAlum	2	1,0	1	1,0	1,0	21	Desce	S			223	265	269	307	275
4.02	ContMad	2	1,0	1	1,0	4,0	81		N		71	359	399	403	439	359
4.03	Caixilhos	2	2,0	1	2,0	2,0	42		N			360	400	404	440	400
4.04	PortMad	7	2,0	1	2,0	2,0	42		N			402	422	424	442	402
4.05	RodMad	4	3,5	1	3,5	2,0	43		N			407	427	429	447	407
4.06	EsgAlum	3	4,0	2	2,0	2,0	44	Desce	N			383	363	361	343	383
4.07	BoxEsp	1	1,0	1	1,0	2,0	41		N			409	429	431	449	409
4.08	Pelitoris	3	2,0	2	1,0	2,0	42	Desce	N			381	361	359	341	381
4.09	Soleira			1		2,0	40	Desce	N			387	367	365	347	387
4.10	Vidros	2	2,0	1	2,0	2,0	42	Desce	N			387	367	365	347	387
5.	REVINTERNOS															
5.01	Emblnt	6	6,9	2	3,5	3,5	75		N			263	303	307	343	274
5.02	Reblnt	6	8,0	2	4,0	4,0	88		N			280	320	324	360	280
5.03	ChapTeto			1		4,0	80		N			263	303	307	343	263
5.04	EmbTeto			1		4,0	80		N			263	303	307	343	263

2000

PROGRAMAÇÃO POR LINHA DE BALANÇO																								
Planiha 10		Descrição	Equipe (oficiais)	Duração Tipo	Ritmo	Duração Total	Sentido	Duas etapas?	Folgas						Folgas livres				Datas Mais Tarde		Folgas livres			
Item									1o. Pav.	Pav. Int.	Pav. Int+1	Ult. Pav.	1o. Pav.	Pav. Int.	Pav. Int+1	Ult. Pav.	1o. Pav.	Pav. Int.	Pav. Int+1	Ult. Pav.	DATA DE INÍCIO	DATA DE TÉRMINO	INÍCIO	TERMINO
1. SUPRAESTRUTURA																								
1.01	Forma		12	4	6	123		N	17	17	17	17					27-Mai-98	20-Nov-98	16	17				
1.02	Armad		8	5	6	125		N	17	17	17	17					2-Jun-98	27-Nov-98	17	17				
1.03	Concr		6	2	6	121		N	18	18	18	18					9-Jun-98	1-Dez-98	17	18				
1.04	Desfor		6	1	6	121		N	18	18	18	18					12-Jun-98	2-Dez-98	18	18				
2. ALVENARIA																								
2.01	MarcAlv		2	3	3	67		N	18	18	19	18					1-Set-98	2-Fev-99	18	38				
2.02	AlvExt		7	4	4	88		N	19	19	19	19			(1)		4-Set-98	8-Fev-99	18	18				
2.03	AlvInt		6	11	5	116		N	73	73	74	73			(1)		1-Dez-98	15-Jun-99	73	73				
2.04	EncAlv		1	4	4	84		N	74	74	74	74					19-Fev-99	21-Jun-99	73	73				
2.05	ChapInt				4	80		N	74	74	74	74					25-Fev-99	21-Jun-99	73	73				
3. TUBULAÇÕES																								
3.01	PrumHidr		2	2	2	42		N	52	52	52	52					24-Nov-98	19-Fev-99	51	51				
3.02	PrumElét		1	1	2	41		N	52	52	52	52					26-Nov-98	19-Mai-99	51	111				
3.03	RasgHidr		1	2	4	82		N	52	52	52	52					1-Fev-99	28-Mai-99	51	51				
3.04	RasgElét		2	3	4	83		N	52	52	52	52					3-Fev-99	2-Jun-99	51	51				
3.05	InstHidr		3	3	4	83		N	52	52	52	52					8-Fev-99	8-Jun-99	51	51				
3.06	InstEsg		2	3	4	83		N	52	52	52	52					11-Fev-99	11-Jun-99	51	51				
3.07	InstGas		1	5	5	105		N	52	52	52	52					27-Nov-98	26-Mai-99	51	51				
3.08	InstElét		4	4	4	84		N	52	52	52	52					17-Fev-99	17-Jun-99	51	51				
3.09	FechRasg		1	2	4	82		N	52	52	52	52					23-Fev-99	21-Jun-99	51	51				
4. ESQUADRIAS																								
4.01	ContAlum		2	1	1	21	Desce	S	79	79	18	18					9-Fev-99	23-Mar-99	60	38				
4.02	ContMad		2	1	4	81		N	4	4	4	4					5-Abr-99	28-Jul-99	3	3				
4.03	Caxilhos		2	2	2	42		N	4	4	4	4					2-Jun-99	30-Jul-99	3	3				
4.04	PortMad		7	2	2	42		N	4	4	4	4					7-Jun-99	3-Ago-99	3	3				
4.05	RodMad		4	4	2	43		N	4	4	4	4					14-Jun-99	26-Ago-99	3	14				
4.06	EsgAlum		3	4	2	44	Desce	N									8-Mar-99	10-Mai-99						
4.07	BoxEsp		1	1	2	41		N	4	4	4	4					17-Jun-99	26-Ago-99	4	14				
4.08	Peitoris		3	2	2	42	Desce	N									4-Mar-99	4-Mai-99						
4.09	Soleira				2	40	Desce	N									12-Mar-99	10-Mai-99						
4.10	Vidros		2	2	2	42	Desce	N									12-Mar-99	12-Mai-99						
5. REVINTERNOS																								
5.01	Emblnt		6	7	3	75		N	74	73	74	74					12-Mar-99	15-Jul-99	73	85				
5.02	RabInt		8	8	4	88		N	75	75	75	75					23-Mar-99	27-Jul-99	74	74				
5.03	ChapTeto				4	80		N	89	89	89	89					18-Mar-99	12-Jul-99	88	88				
5.04	EmbTeto				4	80		N	89	89	89	89					18-Mar-99	12-Jul-99	88	88				
5.05	RabTeto		6	3	4	75		N	89	89	89	89			(0)		30-Mar-99	15-Jul-99	88	88				
5.06	Azulejo		5	3	3	62		N	70	70	70	70					22-Abr-99	20-Jul-99	69	70				
5.07	PedraPar		2	2	3	62		N	70	70	70	70					27-Abr-99	22-Jul-99	70	70				

5.08	ForroInt		4	3	3	63			N	71	71	71	71	71	71	29-Abr-99	27-Jul-99	70	70
5.09	EmbEsc		2	2	2	42			N	77	77	77	77	77	77	11-Jun-99	9-Ago-99	77	77
6.	REVERTERNOS																		
6.01	ChapExt		6	1	1	21	Desce		S	79	79	18	18	18	18	10-Fev-99	23-Abr-99	60	58
6.02	EmbExt		6	3	3	63	Desce		S	79	79	18	18	18	18	11-Fev-99	28-Abr-99	60	40
6.03	RebExt				3	60	Desce		S	79	79	18	18	18	18	17-Fev-99	28-Abr-99	60	40
6.04	CerExt		3	2	2	42	Desce		N							2-Mar-99	30-Abr-99		
6.05	ForroExt		1	2	2	42			N	29	29	29	29	29	29	14-Jun-99	10-Ago-99	29	29
6.06	PedraFach		2	2	2	42			N	29	29	29	29	29	29	18-Jun-99	26-Ago-99	29	39
7.	PISOS																		
7.01	ReguSup		2	2	2	42			N	52	52	52	52	52	52	26-Abr-99	23-Jun-99	51	51
7.02	Imperm		2	2	2	42			N	52	52	52	52	52	52	28-Abr-99	25-Jun-99	51	51
7.03	Contpis		4	1	2	41			N	52	52	52	52	52	52	30-Abr-99	28-Jun-99	51	51
7.04	PisoCim		3	1	2	41			N	52	52	52	52	52	52	3-Mai-99	27-Jul-99	51	71
7.05	PisoCer		5	3	3	63			N	52	52	52	52	52	52	4-Mai-99	30-Jul-99	51	51
7.06	PedraPis		1	2	3	62			N	52	52	52	52	52	52	7-Mai-99	3-Ago-99	51	51
7.07	Pislamin		3	3	2	43			N	4	4	4	4	4	4	9-Jun-99	6-Ago-99	3	3
7.08	PisoHall		2	2	2	42			N	4	4	4	4	4	4	15-Jun-99	11-Ago-99	4	4
8.	INSTALAÇÕES																		
8.01	AcalncG				2	40			N							18-Jun-99	26-Ago-99		10
8.02	MetAces		1	2	2	42			N	4	4	4	4	4	4	15-Jun-99	11-Ago-99	4	4
8.03	Louças		1	3	2	43			N	4	4	4	4	4	4	18-Jun-99	9-Ago-99	4	4
8.04	Tanques		1	1	3	61			N	66	66	66	66	66	66	2-Jun-99	26-Ago-99	66	66
8.05	Banh		1	1	3	61			N	66	66	66	66	66	66	1-Jun-99	25-Ago-99	66	66
8.06	Fiação		6	4	3	64			N	73	73	73	73	73	73	12-Mai-99	10-Ago-99	73	73
8.07	IntTom		4	2	2	42			N							15-Jun-99	12-Ago-99		
9.	PINTURA																		
9.01	MasCorr		3	3	3	63			N	73	73	73	73	73	73	7-Mai-99	4-Ago-99	73	73
9.02	PintInt		7	3	3	63			N							13-Mai-99	10-Ago-99		
9.03	PintEsc		1	1	2	41			N	1	1	1	1	1	1	17-Jun-99	26-Ago-99	1	11
9.04	Limpeza		5	5	3	55			N							18-Jun-99	2-Set-99		

Planilha 10a				Data: 16-Abr-99													
Item	Descrição	Dur Tipo	Dur Total	Planejado			Realizado			Previsão							
				Início	Início Mais Tarde	Final	Início	Dsv	Término	Exec	Início	Pr	Final	Dur	Dsv		
1.	SUPRA-ESTRUTURA																
1.03	Supraestrutura	2	121	15-Mai-98	9-Jun-98	5-Nov-98	08-Mai-98	-5	09-Nov-98	100%						128	7
2.	ALVENARIA																
2.02	Avenaria externa	4	88	11-Ago-98	4-Set-98	13-Jan-99	8-Fev-99		25-Jan-99	100%					86	-2	
2.03	Avenaria interna	11	116	17-Ago-98	2-Out-98	1-Mar-99	19-Abr-99		22-Fev-99	100%					105	-11	
3.	TUBULAÇÕES																
3.05	Tubulação hidráulica	3	83	28-Out-98	24-Fev-99	24-Mar-99	23-Jun-99	-5	23-Fev-99	100%					67	-16	
3.06	Tubulação esgoto	3	83	3-Nov-98	1-Mar-99	29-Mar-99	28-Jun-99		08-Mar-99	100%					26	-57	
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	4	84	6-Nov-98	4-Mar-99	5-Abr-99	2-Jul-99	-14	12-Mar-99	100%					83	-1	
4.	ESQUADRIAS																
4.01	Contramarcos de alumínio	1	21	16-Out-98	9-Fev-99	27-Jan-99	23-Mar-99		26-Fev-99	100%					67	46	
4.03	Caixilhos de madeira	2	42	15-Fev-99	7-Abr-99	15-Abr-99	7-Jun-99				21-Mai-99	S	21-Jul-99	43	1		
4.04	Portas de madeira	2	42	18-Fev-99	9-Abr-99	19-Abr-99	7-Jul-99				21-Mai-99	S	21-Jul-99	43	1		
4.05	Rodapés de madeira	4	73	2-Mar-99	31-Mai-99	15-Jun-99	10-Set-99				31-Mai-99		13-Set-99	74	1		
4.06	Esquadrias de alumínio	4	44	8-Mar-99		10-Mai-99					31-Mai-99	U	29-Jul-99	43	-1		
4.07	Box e espelhos	1	21	28-Abr-99	17-Jun-99	26-Mai-99	10-Set-99				28-Abr-99		27-Mai-99	22	1		
4.08	Peitoris	2	42	4-Mar-99		4-Mai-99		12					17-Jun-99	61	19		
4.10	Vidros comuns	2	42	12-Mar-99		12-Mai-99					31-Mai-99	U	29-Jul-99	43	1		
5.	REV. INTERNOS																
5.01	Emboço parede interna	7	75	29-Out-98	15-Jan-99	15-Mar-99	20-Mai-99		12-Mar-99	100%					67	-8	
5.02	Reboco parede interna	8	88	9-Nov-98	26-Jan-99	12-Abr-99	1-Jun-99		13-Abr-99	95%			23-Abr-99	62	-26		
5.03	Chapisco de tetos		80	14-Out-98	23-Mar-99	5-Mar-99	15-Jul-99						26-Mai-99				
5.04	Emboço de tetos		80	14-Out-98	23-Mar-99	5-Mar-99	15-Jul-99						26-Mai-99				
5.05	Reboco de teto	3	75	26-Out-98	5-Abr-99	10-Mar-99	20-Jul-99		09-Abr-99	81%			7-Mai-99	99	24		
5.06	Azulejos	3	62	12-Jan-99	27-Abr-99	9-Abr-99	22-Jul-99		16-Abr-99	90%			27-Abr-99	69	7		
5.07	Pedras em paredes internas	2	62	14-Jan-99	29-Abr-99	13-Abr-99	27-Jul-99		01-Abr-99	52%			26-Mai-99	85	23		
5.08	Forro interno	3	63	18-Jan-99	4-Mai-99	16-Abr-99	30-Jul-99		15-Abr-99	67%			18-Mai-99	67	4		
5.09	Chapisco e emboço da escada	2	42	19-Fev-99	11-Jun-99	20-Abr-99	6-Set-99	-23	19-Mar-99	100%				44	2		

Planilha 10a										Data: 16-Abr-99							
Item	Descrição	Dur Tipo	Dur Total	Planejado				Realizado				Previsão					
				Início	Início Mais Tarde	Final	Final Mais Tarde	Início	Dsv	Final	Exec	Início	Final	Dur	Dsv		
6.	REV. EXTERNOS																
6.01	Chapisco parede externa	1	21	19-Out-98	10-Fev-99	28-Jan-99	23-Abr-99	10-Nov-98		29-Jan-99	100%				38	17	
6.02	Emboço parede externa	3	63	20-Out-98	11-Fev-99	1-Mar-99	28-Abr-99	16-Nov-98		12-Mar-99	100%				63		
6.04	Cerâmica parede externa	2	42	2-Mar-99		30-Abr-99		05-Mar-99	3	16-Abr-99	76%			3-Mai-99	40	-2	
6.05	Forro externo	2	42	3-Mai-99	14-Jun-99	30-Jun-99	10-Ago-99						3-Mai-99	1-Jul-99	43	1	
6.06	Pedras em fachadas	2	42	5-Mai-99	16-Jun-99	2-Jul-99	10-Set-99						5-Mai-99	5-Jul-99	43	1	
7.	PISOS																
7.02	Impermeabilização e proteção	2	42	11-Fev-99	13-Mai-99	13-Abr-99	12-Jul-99	18-Jan-99	-18	01-Abr-99	95%			20-Abr-99	65	23	
7.03	Contrapiso	1	41	15-Fev-99	17-Mai-99	14-Abr-99	13-Jul-99	25-Jan-99	-15	09-Abr-99	90%			20-Abr-99	60	19	
7.05	Pisos cerâmicos	3	63	18-Fev-99	19-Mai-99	19-Mai-99	16-Ago-99	17-Fev-99	-1	09-Abr-99	57%			18-Mai-99	63		
7.06	Pedra em piso interno	2	62	23-Fev-99	24-Mai-99	21-Mai-99	18-Ago-99	17-Fev-99	-4	15-Abr-99	52%			13-Mai-99	60	-2	
7.07	Piso laminado	3	63	25-Fev-99	26-Mai-99	26-Mai-99	6-Set-99					26-Mai-99	24-Ago-99	64	1		
7.08	Piso hall/escadaria	2	62	2-Mar-99	15-Jun-99	28-Mai-99	9-Set-99	15-Mar-99						16-Jul-99	87	25	
8.	INSTALAÇÕES																
8.02	Metais e acessórios	2	42	25-Mar-99	17-Mai-99	25-Mai-99	14-Jul-99					17-Mai-99	15-Jul-99	43	1		
8.03	Louças	3	63	22-Fev-99	13-Abr-99	21-Mai-99	12-Jul-99	22-Mar-99						16-Jul-99	82	19	
8.04	Tanques	1	61	26-Fev-99	17-Jun-99	25-Mai-99	10-Set-99	29-Mar-99		16-Abr-99	81%			27-Abr-99	20	-41	
8.05	Banheiras	1	61	25-Fev-99	16-Jun-99	24-Mai-99	9-Set-99	11-Mar-99		09-Abr-99	43%			26-Mai-99	53	-8	
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	4	64	26-Jan-99	12-Mai-99	28-Abr-99	10-Ago-99	08-Mar-99		16-Abr-99	52%			26-Mai-99	56	-8	
8.07	Interruptores e tomadas	2	42	16-Jun-99		12-Ago-99						16-Jun-99	13-Ago-99	43	1		
9.	PINTURA E LIMPEZA																
9.01	Massa corrida	3	63	21-Jan-99	7-Mai-99	22-Abr-99	4-Ago-99	01-Mar-99		16-Abr-99	71%			5-Mai-99	46	-17	
9.02	Pintura interna	3	63	13-Mai-99		10-Ago-99						13-Mai-99	11-Ago-99	64	1		
9.03	Pintura de escadaria	1	61	18-Mai-99	17-Jun-99	11-Ago-99	10-Set-99					18-Mai-99	16-Ago-99	64	3		
9.04	Limpeza	6	66	18-Jun-99		20-Set-99						18-Jun-99	16-Set-99	64	-2		

Planilha 15												
DATAS DE CONCLUSÃO NOS PAVIMENTOS												
Item	Descrição	Início	Término	Duração Total	Executado na obra	Peso na etapa	Peso na obra	Executado na obra				
1. SUPRA-ESTRUTURA												
1.01	Formas	4-Mai	5-Nov	279								
1.02	Armadura	4-Mai	6-Nov	280								
1.03	Superestrutura	8-Mai	9-Nov	281	21	100	30,0	30,0%				
1.04	Desforma	11-Mai	12-Nov	284	130							
2. ALVENARIA												
2.01	Marcação	25-Ago										
2.02	Alvenaria externa	25-Ago	25-Jan	315	21	50	10,0	10,0%				
2.03	Alvenaria interna	25-Ago	22-Fev	334	21	50	10,0	10,0%				
2.04	Encunhamento Alvenaria	19-Out		267								
2.05	Chapisco parede interna	19-Out		267								
3. TUBULAÇÕES												
3.01	Prumadas de água e incêndio	3-Nov										
3.02	Prumadas elétricas	3-Nov										
3.03	Rasgos tubulação hidráulica	3-Nov										
3.04	Rasgos tubulação elétrica	3-Nov										
3.05	Tubulação hidráulica	21-Out	23-Fev	335	21	30	1,2	1,2%				
3.06	Tubulação esgoto	29-Jan	8-Mar	344	21	30	1,2	1,2%				
3.07	Tubulação gás	27-Jul		209								
3.08	Tubulação elétrica/telefônica	16-Out	12-Mar	348	21	30	1,2	1,2%				
3.09	Fechamento dos rasgos	1-Fev										
4. ESQUADRIAS												
4.01	Contramarcos de alumínio	26-Out	26-Fev	338	21	10	0,8	0,8%				
4.02	Contramarcos de madeira	26-Out										
4.03	Cabrilhos de madeira											
4.04	Portas de madeira					30	2,4					
4.05	Rodapés de madeira											
4.06	Esquadrias de alumínio					30	2,4					
4.07	Box e espelhos					5	0,4					
4.08	Peitoris	22-Mar				5	0,4					
4.09	Soleiras	22-Mar										
4.10	Vidros comuns					20	1,6					
5. REV. INTERNOS												
5.01	Emboço parede interna	10-Nov	12-Mar	348	21	17	1,7	1,7%				
5.02	Califino	25-Jan	13-Abr	369	20	17	1,7	1,6%				
5.03	Chapisco de tetos	25-Jan										
5.04	Emboço de tetos	25-Jan										
5.05	Gesso corrido no teto	18-Nov	9-Abr	367	17	17	1,7	1,4%				
5.06	Azuulejos	18-Jan	16-Abr	372	19	17	1,7	1,5%				
5.07	Pedras em paredes internas	25-Jan	1-Abr	362	11	16	1,6	0,8%				

5.08	Forno interno	10-Fev 18-Jan	327 310	15-Abr 19-Mar	371 353	45 44	14 21	1,6% 2,4%	10 6	1,0 0,6	0,7% 0,6%
5.09	Reboco da escada										
6.	REV. EXTERNOS										
6.01	Chapisco parede externa	10-Nov	282	29-Jan	319	38	21	2,4%	10	1,0	1,0%
6.02	Emboço parede externa	16-Nov	286	12-Mar	348	63	21	2,4%	30	3,0	3,0%
6.03	Reboco de paredes externas	16-Nov	286								
6.04	Cerâmica parede externa	5-Mar	343	16-Abr	372	30	16	1,9%	30	3,0	2,3%
6.05	Forno externo								15	1,5	
6.06	Pedras em fachadas								15	1,5	
7.	PISOS										
7.01	Regularização de superfícies	16-Nov	286	4-Dez	300	15					
7.02	Impermeabilização e proteção	18-Jan	310	1-Abr	362	53	20	2,3%	5	0,2	0,2%
7.03	Contrapiso	25-Jan	315	9-Abr	367	53	19	2,2%	10	0,4	0,4%
7.04	Pisos cimentado	12-Fev	329								
7.05	Pisos cerâmicos	17-Fev	331	9-Abr	367	37	12	1,4%	25	1,0	0,6%
7.06	Pedra em piso interno	17-Fev	331	15-Abr	371	41	11	1,3%	25	1,0	0,5%
7.07	Piso laminado								15	0,6	
7.08	Piso hall/escadaria	15-Mar	349						15	0,6	
8.	INSTALAÇÕES										
8.01	Acabamentos de inc e gás	16-Mar	350						8	0,6	
8.02	Metais e acessórios								20	1,6	
8.03	Louças	22-Mar	354						20	1,6	
8.04	Tanques	29-Mar	359	16-Abr	372	14	17	2,0%	8	0,6	0,5%
8.05	Banheiras	11-Mar	347	9-Abr	367	21	9	1,0%	8	0,6	0,3%
8.06	Cabos, fiação e disjuntores	8-Mar	344	16-Abr	372	29	11	1,3%	18	1,4	0,8%
8.07	Interruptores e tomadas								18	1,4	
9.	PINTURA E LIMPEZA										
9.01	Massa corrida	1-Mar	339	16-Abr	372	34	15	1,7%	20	1,2	0,9%
9.02	Pintura interna								50	3,0	
9.03	Pintura de escadaria								20	1,2	
9.04	Limpeza								10	0,6	

Planilha 15

Fase construtiva	% Executado	Executado na obra	Peso	% Executado	Peso	Executado na obra	Duração	Peso	% Executado	H.mês	Peso	% Executado	Executado na obra
1. SUPRA-ESTRUTURA	100,0%	2,4%	2,4	100%	30	30,0%	134	10	100%	120	30	100%	30,1%
2. ALVENARIA	100,0%	4,9%	4,9	100%	20	20,0%	121	9	56%	53	13	100%	13,4%
3. TUBULAÇÕES	100,0%	7,3%	7,3	90%	4	3,6%	139	11	62%	31	8	84%	6,5%
4. ESQUADRIAS	16,7%	2,4%	14,6	19%	8	0,8%	203	2	15%	46	12	13%	1,6%
5. REV INTERNOS	83,7%	14,3%	17,1	83%	10	8,3%	117	9	82%	38	10	86%	8,2%
6. REV EXTERNOS	55,2%	6,7%	12,2	63%	10	6,3%	144	11	50%	32	8	76%	6,1%
7. PISOS	49,2%	7,2%	14,6	41%	4	1,6%	176	14	33%	21	5	40%	2,1%
8. ACAB DE INSTALAÇÕES	25,2%	4,3%	17,1	19%	8	1,5%	111	9	19%	24	6	18%	1,1%
9. PINTURA E LIMPEZA	17,9%	1,7%	9,8	14%	6	0,9%	139	11	14%	83	8	14%	1,2%
TOTAL	51,3%	100	100	73,1%	100	43,4%	1284	397	70,2%				

COD. ATIVIDADE	EQUIPE	INÍCIO	FINAL	22/Mar	29/Mar	05/Abr	12/Abr	19/Abr	26/Abr	APRONTAR
3.06 TUBULAÇÃO	GIL	29/Jan	29/Mar	AT						
ESGOTO TIPO				CONCLUSÃO						
CHUMBADOR P/		08/Mar	19/Mar							
SACADA										
4.06 ESQUADRIAS DE		05/Abr	10/Mai			201	501	801	1101	
ALUMÍNIO						301	601	901	1201	
4.10 VIDROS		05/Abr	12/Mai			401	701	1001	1301	
						201	501	801	1101	
5.02 CALFINO	MONZA	25/Jan	12/Abr	1501	1701	1901	101			
				1601	1801	200				
5.05 GESSO CORRIDO	MONZA	18/Nov	10/Mar			AT				
5.06 AZULEJO	135o	18/Jan	31/Mar		2001 AT					
					101					
5.07 MÁRMORE EM	135o	25/Jan	13/Abr	1401	1601	1801	2001			
PAREDE				1501	1701	1901	AT			
5.08 FORRO DE		10/Fev	16/Abr	1301	1501	1701	101			
GESSO BWC				1401	1601	1801	2001			
6.04 PASTILHA NA	TRIUE	08/Mar	30/Abr	1901	1601	1301	1001	701	401	
FACHADA				1801	1501	1201	901	601	301	
AR				1701	1401	1101	801	501	201	
CONDICIONADO										
FORRO DE		01/Mai	30/Jun			NEGOCIAÇÃO	CONTRAT			
MADEIRA						ÇÃO	AÇÃO			

Planilha 17

Item Descrição		Dura- ção	Planejado		22-Mar			22-Mar			26-Abr						
			Início	Término	Plan	Exeo	DP	Prog	Exec	PPA	6 Sem	Plan	Prog	Plan total	Prog total	PAP	
1.	SUPRA-ESTRUTURA																
1.01	Formas	123	5-Mai	27-Out	21	21,2									21,0	21,2	
1.02	Armadura	125	8-Mai	4-Nov	21	21,2									21,0	21,2	
1.03	Supraestrutura	121	15-Mai	5-Nov	21	21,2									21,0	21,2	
1.04	Desforma	121	18-Mai	6-Nov	21	21,2									21,0	21,2	
2.	ALVENARIA																
2.01	Marcação	67	6-Ago	11-Nov	21	21,0									21,0	21,0	
2.02	Alvenaria externa	88	11-Ago	13-Jan	21	20,9	0%								21,0	20,9	0%
2.03	Alvenaria interna	116	17-Ago	1-Mar	21	20,5	-2%								21,0	20,5	-2%
2.04	Encunhamento Alvenaria	84	7-Out	5-Mar	21	18,0	-14%								21,0	18,0	-14%
2.05	Chapisco parede intern	80	14-Out	5-Mar													
3.	TUBULAÇÕES																
3.01	Prumadas de água e inc	42	10-Set	10-Nov	21	21,0									21,0	21,0	
3.02	Prumadas elétricas	41	14-Set	11-Nov	21	21,0									21,0	21,0	
3.03	Rasgos tubulação hidrául	82	21-Out	16-Mar													
3.04	Rasgos tubulação elétric	83	23-Out	19-Mar													
3.05	Tubulação hidráulica	83	28-Out	24-Mar	21	13,5	-36%							2,0	21,0	13,5	-36%
3.06	Tubulação esgoto	83	3-Nov	29-Mar	20	20,0							0,5	2,0	21,0	20,5	-2%
3.07	Tubulação gás	105	15-Set	12-Mar	21	21,0									21,0	21,0	
3.08	Tubulação elétrica/telefô	84	6-Nov	5-Abr	19	21,3								3,0	21,0	21,3	
3.09	Fechamento dos rasgos	82	12-Nov	7-Abr	18	1,0	-94%							4,0	21,0	1,0	-95%
4.	ESQUADRIAS																
4.01	Contramarcos de alumín	52	16-Out	27-Jan	21	17,9	-15%								21,0	17,9	-15%
4.02	Contramarcos de madeir	81	19-Nov	13-Abr	17		-100%						5,0	21,0	21,0	-100%	-100%
4.03	Caixilhos de madeira	42	15-Fev	15-Abr	14		-100%						10,0	21,0	21,0	-100%	-100%
4.04	Portas de madeira	42	18-Fev	19-Abr	13		-100%						11,0	21,0	21,0	-100%	-100%
4.05	Rodapés de madeira	73	2-Mar	15-Jun	5		-100%						8,0	11,0	11,0	-100%	-100%
4.06	Esquadrias de alumínio	44	8-Mar	10-Mai	6		-100%						13,0	12,0	17,0	12,0	-29%
4.07	Box e espelhos	21	28-Abr	26-Mai									2,0	2,0	2,0	-100%	-100%
4.08	Peitoris	42	4-Mar	4-Mai	8	4,5	-44%	4,5	4,5	100%			14,0	19,0	19,0	-100%	-100%
4.09	Soleiras	40	12-Mar	10-Mai													
4.10	Vidros comuns	42	12-Mar	12-Mai	5		-100%						14,0	12,0	16,0	12,0	-25%

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAEN, I. Problems in CASE introduction: experiences from user organizations. **Information and Software Technology**, Vol. 36, N. 11, p. 643-654, 1991.
- ALARCÓN, L. F. Tools for the identification and reduction of waste in construction projects, **2nd Workshop on Lean Construction**, 1994, Santiago, Lean construction, ed. Luis Alarcón, Santiago, 1997, Chile: Catholic University of Chile, p. 365-377, 1994.
- _____. **Lean Construction**. Editor. Santiago, Chile. School of Engineering, Catholic University of Chile, Rotterdam : A. A. Balkemam, 1997.
- AL SARRAJ, Zohair M. Formal development of line-of-balance technique. **Journal of the Construction Engineering and Management**, ASCE, Vol. 116, N. 4, p. 689-704, 1990.
- ALKAYYALI, Osama J., MANSUR, Wahid O. e MINKARAH, Issam A. How effective is CPM in planning and controlling construction projects? In: CIB W-65, 1993. International symposium (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, p. 849-859, 1993.
- ANDERSSON, N. e JOHANSSON, P. (1996) Re-engineering on the project planning process, **Proceedings of Construction on the Information Highway**, Slovenia, p. 33-34, 1996. <http://audrey.fagg.uni-lj.si/bled96/papers/>
- ARDITI, D. Diffusion of Network Planning in Construction. **Journal of the Construction Engineering and Management**, ASCE, Vol. 109, N. 1, p. 1-121, 1983.
- ARDITI, David e ALBULAK, M. Zeki Line-of-balance scheduling in pavement construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, Vol. 112, N. 3, p. 411-424, 1986.
- ASSUMPÇÃO, J. F. P. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. São Paulo, 1996. Tese de doutorado em Engenharia Civil. EPUSP, Universidade de São Paulo.

X ASSUMPÇÃO, J. F. P. e LIMA JR., J. R. **Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios**. São Paulo, 1996. Boletim Técnico BT/PCC/173. EPUSP, Universidade de São Paulo.

AOUAD.G, KIRKHAM J., BRANDON P., BROWN F., COOPER G., FORD S., OXMAN R., SARSHAR M. , YOUNG B. Information modeling in the construction industry: The information engineering approach, **Construction Management and Economics**, V. 11, N. 5, p. 384-397, 1993.

AOUAD G., KAWOOYA A. e PRICE P. A review of construction planning models. *The Journal of Construction Procurement*, vol 2, no 2, November 1996, pp 19-37.

BALLARD, Glenn e HOWELL, Greg. Implementing lean construction: stabilizing work flow. **Workshop on Lean Construction** (2. : 1994 : Santiago), Lean construction, ed. Luis Alarcón, Santiago, Chile: Catholic University of Chile, p. 101-110, 1997.

_____. Implementing lean construction:improving downstream performance. **Workshop on Lean Construction**, (2. : 1994 : Santiago), Lean construction, ed. Luis Alarcón, Santiago, Chile: Catholic University of Chile, p. 111-125, 1997.

_____. Shielding production: essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, Vol. 124, N. 1, p. 11-17, 1998.

BALLARD, Glenn, CASTEN, Mike, e HOWELL, Greg. PARC: A case study. **Conference of Lean Construction**, (4. : 1996), Proceedings, <http://www.vtt.fi/rte/lean/>, 1996.

BALLARD, Glenn. Lookahead planning: the missing link in production control. **Conference of Lean Construction**. (5. : 1997), Proceedings, p. 13:25, 1997. <http://www.vtt.fi/rte/lean/>

BADU, Edward, WADA, Kaoru, Wada e YAMAMOTO, Koshi. Analysis of rhythmical unsynchronized time space diagram by linear programming. In: CIB W-65 International symposium (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, p. 353-359, 1993.

BEATTY, C A e GORDON, J R M. Barriers to the implementation of CAD/CAM systems. **Sloan Management Review**. Vol. 29, N. 4, p 25-33, 1988.

BERNARDES, M. M. S. **Método de análise do processo de planejamento da produção de empresas construtoras através do estudo de seu fluxo de informação: proposta baseada em estudo de caso**. Porto Alegre, 1996. Dissertação de mestrado em Engenharia, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BIO, S. R. **Sistemas de informação: um enfoque gerencial**. São Paulo : Atlas, 1985.

BIRRELL, George S. Construction - planning beyond the critical path. **Journal of the Construction Division**, ASCE, Vol. 106, CO3, p. 389-407, 1980.

BORCHERDING, J. D. Cost control simulation and decision making. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 103, N. 4, p. 577-591, 1977.

BRANDÃO, Douglas, GUCH, Daniel U. e PAZ, Mário A. S. **Aplicação da técnica de Linha de Balanço na programação de obras de construção civil – estudo de caso de edifícios altos**. Florianópolis, 1995. Trabalho didático. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRANDON, P. IT and themes for the nineties: intelligence and integration, In: CIB W-65 International symposium. (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, Vol. 1, p. 1-12, 1993.

BRANDLI, L. L. e OLIVEIRA, M .C. G. Estudo de precedências aplicado à técnica da Linha de Balanço para edificações. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, (16. : 1996: Piracicaba).Piracicaba: UNIMEP, 1 CD-ROM: il, 1996.

CABRAL, Eduardo C. C. **Proposta de metodologia de orçamento operacional para obras de edificações**. Florianópolis , 1988. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.

CALDAS, Carlos H. S. **Sistemas de planejamento e controle operacionais em empreendimentos: a integração tempo, custo e recursos**. Niterói, 1990.Dissertação de Mestrado em Eng. Civil, Universidade Federal Fluminense.

- CARR, Robert I. Simulation of construction project duration. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 105, N. 2, p. 117-128, 1979.
- CARR, Robert I. e MEYER, Walter L. Planning construction of repetitive building units. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 100, N. 3, p. 403-412, 1974.
- CARVALHO, Márcio S. **Método de intervenção no processo de programação de recursos de empresas construtoras de pequeno porte através do seu sistema de informação: proposta baseada em estudo de caso**. Porto Alegre, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia, CPGEC/UFRGS.
- CHAN, W., CHUA, D. K. H. e KANNAN, G. Construction resource scheduling with genetic algorithms. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 122, N. 2, p. 125-132, 1996.
- CHYZANOWSKI, Edmund N. e JOHNSTON, David W. Application of linear scheduling. **Journal of the Construction Engineering**. ASCE, Vol. 112, N. 4, p. 476-491, 1986.
- CLAURE, Jorge E. Z. **Otimização de projetos lineares em construção civil através do método espaço-tempo**. Florianópolis, 1986. Dissertação de Mestrado em Eng. de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CLAURE, Jorge E. Z. Um modelo de otimização de projetos lineares em construção civil pelo método espaço-tempo. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (7... : 1987)**. Anais, p. 343-347, 1987.
- COELHO, R. Q. **Programação de obras repetitivas com o uso de software de gerenciamento de projetos Time Line 6.5 for Windows baseada na técnica de Linha de Balanço**. Florianópolis, 1998. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- COHENCA-ZALL, Dora, LAUFER, Alexander, SHAPIRA, Aviad e HOWELL, Gregory A. Process of planning during construction. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 120, N. 3, p. 561-578, 1994.

- COLE, L. J. R. Construction scheduling: Principles, practices, and six case studies. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 117, N. 4, p. 579-588, 1991.
- DE ABREU, Aline F. **The Role of Stakeholders' expectations in predicting IS implementation outcomes**. Waterloo, 1995. Doctoral Thesis, Universidade de Waterloo.
- DE ANDRÉ, Marli E. D. **A Etnografia da Prática Escolar**. São Paulo: Papirus, 1995.
- DIGMAN, L. A. PERT/LOB: Life-cycle technique. **Journal of Industrial Engineering**. Vol. 18, N. 2, p. 154-158, 1967.
- DRESSLER, J. Stochastic scheduling of linear construction sites. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 100, CO4, p. 571-578, 1974.
- DRESSLER, J. Construction Management in West Germany, **Journal of the Construction Division**, Vol. 106, p. 477-487, 1980.
- ECHEVERRY, D., IBBS, C. W., e KIM, S. Sequencing knowledge for construction scheduling. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 117, N. 1, p. 118-130, 1991.
- FLASAR, A. e VUKOVI, S. C. State and flow analysis of construction processes by means of control charts. In: CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward.**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, p. 295-302, 1993.
- FORMOSO, C. **A knowledge based framework for planning house building projects**, Salford, 1991. Tese de Doutorado. Dep. of Quantity and Building Surveying, University of Salford.
- FORMOSO, Carlos, BERNARDES, Mauricio, e OLIVEIRA, Luiz F. Developing a model for planning controlling production in small sized building firms. **Conference on Lean Construction** (6. : 1998 : Guarujá, SP). Anais, 1998.
- FROESE, T. Models of construction process information. **Journal of Computing in Civil Engineering**, ASCE, Vol. 10, N. 3, p. 183-193, 1996.

- FRUET, G., FORMOSO, C. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. In: **II Seminário Qualidade na Construção Civil** (1. : 1993, Porto Alegre). Anais, Porto Alegre: NORIE, 1993.
- FURUSAKA, Shouzou, FURUKAWA, Osamu, CHI, N-Y. Line balancing for construction planning. In: **CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM** (5. : 1987: London). **The Organisation and Management of Construction**. London, p. 262-273, 1987.
- GHIO, V., VALLE, E. and RISCHMOLLER, L. Preplanning: a rewarding experience. **Conference on Lean Construction**. (5. : 1993). Anais, p.115-120, 1993.
<http://www.vtt.fi/rte/lean/>
- GHOBRIL, Alexandre N. **O uso de sistemas de informação para planejamento e controle de empreendimentos de construção civil**. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado em Administração. Fundação Getúlio Vargas.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GOLDSACK, José G. **Programação de obras repetitivas por dois métodos diferentes**. Niterói, 1989. Dissertação de Mestrado em Eng. Civil. Universidade Federal Fluminense.
- GOLDRATT, E. M. e COX, J. **A Meta**. São Paulo: Ed. Educator , Claudiney Fullmann, 1993.
- HALPIN, D. W. e WOODHEAD, R. W. **Design of Construction and Process Operations**. New York: John Wiley and Sons, 1976.
- HALPIN, D. W. CONSTRUCTO - An interactive gaming environment. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 102, N. 1, p. 145-196, 1976.
- _____. CYCLONE-method for modeling job site processes. **Journal of Construction Division**, ASCE, V. 103, p. 489-499, 1977.
- HANDA, V. K. e BARCIA, Ricardo M. Linear scheduling using optimal control theory. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 112, N. 3, p. 387-393, 1986.

- HANDA, V. K., TAM, P. W. M., KWARTIN, A. Scheduling construction projects using assembly line balancing method. In: CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward.**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, p. 839-848, 1993.
- HARRIS, Frank C. e EVANS, J. B. Road construction - simulation game for site managers. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 103, N. 3, p. 405-414, 1977.
- HARRIS, Frank C. e McCAFFER, R. **Modern Construction Management**. 3rd ed. BSP Professional Books, 1989.
- HEINECK, Luiz .Fernando M. Modelos para o planejamento de obras. **Encontro de Pesquisa Operacional do Rio Grande do Sul** (2 : 1984: Santa Maria). Santa Maria, 1984.
- _____. The line of balance concept for low-rise flats construction sites - a view on the allocation of labour resources to the activities and their durations according to the "S" curves approach. CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (5 : 1987: London). **The Organisation and Management of Construction**. London, p. 207-217, 1987.
- _____. Dados básicos para a programação de edifícios altos por Linha de Balanço. **Congresso Técnico-científico de Engenharia Civil** (1996: Florianópolis). Anais. Vol. 2, p. 167-173, 1996.
- _____. Estratégias de produção na construção de edifícios. **Congresso Técnico-científico de Engenharia Civil** (1996: Florianópolis). Anais, Vol. 1, p. 93-100, 1996.
- HEINECK, Luiz Fernando M., TRISTÃO, Ana Maria D. Aspectos positivos do processo construtivo nas edificações: facilidades na indústria da construção para implantação de programas de qualidade e produtividade. **Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção** (15. : 1995). Anais, Vol 3, p. 1810-1814, 1995.
- HOWELL, Greg, LAUFER, A. e BALLARD, Glenn. Interaction between subcycles: one key to improved methods. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 119, N. 4, p. 714-728, 1993.

HOWELL, G. e BALLARD, G. Implementing lean construction: reducing inflow variation, Workshop on Lean Construction. (2. : , 1994 : Santiago). **Lean construction**, ed. Luis Alarcón, Chile: Catholic University of Chile, p. 93-100, 1997.

_____. Implementing lean construction: understanding and action. **Conference of Lean Construction**. (6. : 1998 : Guarujá, SP). Anais, 1998.

IBBS, C. W. Future directions for computerized construction research. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 112, N. 3, p. 326-345, 1986.

IGNIZIO, J. P. A brief introduction to expert systems. **Computers in Operations Research**, Vol. 17, N. 6, p. 523-533, 1990.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Engenharia de sistemas: planejamento e controle de projetos**. 3ª. ed., PR-CNPq-INPE, Ed. Vozes, Petrópolis, 1972.

JAAFARI, Ali. Criticism of CPM for project planning analysis. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 110, p. 222-233, 1984.

JÄGBECK, Adina. MDA planner: interactive planning tool using product models and construction methods. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 8, N. 4, p. 536-554, 1994.

JOHNSTON, D. W. Linear scheduling method for highway construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 107, N. 2, p. 247-261, 1981.

KÄHKÖNEN, K. E. E. A model for building construction project scheduling. CIB W-65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward.**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, pp. 453-463, 1993.

KÄHKÖNEN, K. E. E e ATKIN, B. L. Modeling activity dependencies for construction projects planning. International symposium on building economics and construction. (1990 : Sydney). **Building Economics and Construction Management. Managing the Building Firm**. Sydney: CIB & Univ. of Technology, Vol. 6, p. 251-262, 1990.

- KALU, Timothy Ch. U. New approach to construction management. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 3, p. 494-513, 1990.
- KARTAM, N. e LEVITT, R. E. Intelligent planning of construction projects. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 4, N. 2, p. 155-176, 1989.
- KARTAM, Saied., BALLARD, Glenn e IBBS, C. William. Introducing a new concept and approach to modeling construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 123, N. 1, p. 89-97, 1997.
- KAVANAGH, D. P. SIREN: A repetitive construction simulation model. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 111, N. 3, p. 308-323, 1985.
- KLEINFELD, L. H. Manpower use on high-rise residential construction. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 102, N. 2, p. 379-383, 1976.
- KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, 1992. Technical Report #72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.
- LAUFER, Alexander. Essentials of project planning: owner's perspective. **Journal of Management in Engineering**. ASCE, Vol. 6, N. 2, p. 162-176, 1990.
- _____. A micro view of the project planning process. . **Construction Management and Economics**, Vol. 10, p. 31-43, 1992
- _____. On site performance improvement programs. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 111, N. 1, p. 82-97, 1985.
- LAUFER, Alexander e COHENCA-ZALL, Dora. Factors affecting the construction planning efforts and outcomes. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 1, p. 135-156, 1990.
- LAUFER, Alexander, HOWELL, Greg A. e ROSENFELD, Yehiel. Three modes of short-term construction planning. . **Construction Management and Economics**, Vol. 10, p. 249-262, 1992.

- LAUFER, Alexander e HOWELL, Greg. Construction planning: revising the paradigm, **Project Management Journal**, Vol. 24, N. 3, 1993.
- LAUFER, Alexander, SHAPIRA, Aviad, COHENCA-ZALL, Dora, HOWELL, Gregory A. Prebid and Preconstruction planning process. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 119, N. 3, p. 426-443, 1993.
- LAUFER, Alexander, TUCKER, Richard L., SHAPIRA, Aviad e SHENHAR, Aaron J. The multiplicity concept in construction project planning. **Construction Management and Economics**, Vol. 12, p. 53-65, 1994.
- LAUFER, Alexander e TUCKER, Richard L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, Vol. 5, p. 243-266, 1987.
- _____. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction Management and Economics**, Vol. 6, p. 339-355, 1988.
- LEONARD-BARTON, D. Implementation as mutual adaptation of technology and organization. **Research Policy**. Vol. 17, N. 5, p 251-267, 1988.
- LEVINE, H. A., ALIBERTI, E. M. e FORD, B. P. The application of the line of balance on an international project. **INTERNET Congress** (5. : 1976). Anais, p. 251-258, 1976.
- LEVITT, H. P. Computerized line of balance technique. **Journal of Industrial Engineering**. Vol. 19, N. 3, p. 61-67, 1968.
- LEVITT, R. E. et al. Artificial intelligence techniques for generating construction project plans. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 114, N. 3, p. 329-343, 1988.
- LLUCH, J. F. **Analysis of construction operations using microcomputers**, Atlanta, 1981. Tese de Doutorado. Georgia Institute of Technology.
- LOBÃO, E. C. e PORTO, A. J. V. Proposta para sistematização de estudos de simulação. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, (17: 1997: Gramado), Resumos, Porto Alegre: UFRGS, PPGEPP, p. 3. 1 CD-ROM: il., 1997.
- LÓPEZ, Oscar C. Um algoritmo evolutivo para a programação de projetos multimodais com nivelamento de recursos limitados. Florianópolis, 1995. Tese de

4/30

doutoramento. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

- LÓPEZ, Oscar C., BARCIA, Ricardo M. e GAUTHIER, Fernando O. Algumas considerações sobre a importância dos recursos na programação de projetos. **Congresso Técnico-científico de Engenharia Civil**. (1996: Florianópolis). Anais, Vol. 2, p. 208-215, 1996.
- LUMSDEN, P. **The Line of Balance Method**. Oxford: Pergamon Press, 1968.
- LUTZ, James D. **Planning linear construction projects using simulation and line of balance**, 1990. Tese de Doutorado. Purdue University.
- LUTZ, James D. e HIJAZI, Adib. Planning repetitive construction: current practice. **Construction Management and Economics**. Vol. 11, p. 99-100, 1993.
- MACHADO, R. **Gerência da construção segundo a filosofia JIT – uma abordagem considerando os fluxos entre as atividades do processo construtivo**. Florianópolis, 1999. Artigo técnico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MÁSSON, E. e WANG, Y. Introduction to computation and learning in artificial neural networks. **European Journal of Operational Research**. V. 47, p. 1-28, 1990.
- McGARTLAND, M. R. e HENDRICKSON, C. T. Expert systems for construction project monitoring. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 111, N. 3, 1985.
- MAWDESLEY, M. J., ASKEW, W. H., LEES, J., TAYLOR, J. e STEVENS, C. Time change charts for scheduling linear projects. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 101, p. 613-620, 1990.
- MAZIERO, Lúcia T. P. **Aplicação do método da Linha de Balanço no planejamento de obras repetitivas. Um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação**. Florianópolis, 1990. Dissertação de Mestrado em Eng. de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MELHADO, Silvio B. Designing for lean production. **Conference on Lean Construction** (6. : 1998 : Guarujá, SP). Anais, 1998.

- MELIN, J. W. e WHITEAKER, B. Fencing a bar-chart. **Journal of Construction Division**, ASCE, Vol. 107, CO3, p. 497-507, 1981.
- MELLES, B. What do we mean by lean production? Workshop on Lean Construction. (2. : 1993 : Santiago). **Lean construction**, ed. Luis Alarcón, Santiago, 1997, Chile: Catholic University of Chile., p. 11-16, 1997.
- MELLES, B. and WELLING, D. T. Towards a different view on production control in construction. **Conference of Lean Construction**. (4. : 1996). Anais, 1996.
<http://www.vtt.fi/rte/lean/>
- MELLO, Rodrigo, ROGLIO, Karina e CUNHA, Cristiano. As implicações de uma gestão orientada para o processo na indústria da construção civil, subsector edificações. **Congresso Técnico-científico de Engenharia Civil**. (1996: Florianópolis). Anais, Vol. 1, p. 149-160, 1996.
- MENDES JR., Ricardo. **Modelo integrado de planejamento em computador**. Curitiba, 1994. Apostila de curso de extensão universitária. Centro de Estudos de Engenharia Civil (CESEC), Universidade Federal do Paraná.
- _____. Modelo integrado de planejamento em planilha eletrônica. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. (1995 : São Paulo). Anais, 1995.
- _____. **Knowledge-based system for construction scheduling of multistory buildings**. Florianópolis, 1996. Trabalho acadêmico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- _____. Um modelo computacional para o planejamento da construção de edifícios com Linha de Balanço. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. (16. : 1996 : Piracicaba). Piracicaba: UNIMEP, 1 CD-ROM: il., 1996.
- _____. Modelo em planilha eletrônica para programação de edifícios - novos desenvolvimentos. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. (1998 : Florianópolis). Anais, Florianópolis: UFSC, p. 671-678, 1998.
- MILES, R. (1998). Alliance lean construction design/construct on a small high tech project. **Conference of Lean Construction**. (6. : 1998 : Guarujá, SP). Anais, 1998.

MOSELHI, O. e EL-RAYES, K. Scheduling of repetitive project with cost optimization. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 119, N. 4, p. 681-697, 1993.

NEALE, R. H. e RAJU, B. Line of balance planning by spread sheet. **Building Technology and Management**., January, p. 22-27, 1988.

NEVES, Maria P. B. S. **Explorando alternativas de execução para melhorar o desempenho econômico-financeiro de projetos lineares de construção civil**. Florianópolis, 1993. Dissertação de Mestrado em Eng. de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

O'BRIEN, James J. VPM scheduling for high rise buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 101, N. 4, p. 105-116, 1975.

O'BRIEN, James J., KREITZBERG, Fred C. e MIKES, Wesley F. Network scheduling variations for repetitive work. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE. Vol. 111, N. 2, p. 105-116, 1985.

OLIVEIRA, Leonardo R. **Modelagem do conhecimento para desenvolvimento de sistema especialista aplicado ao planejamento da produção de edifícios de vários pavimentos**. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado em Eng. Civil. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PEER, Shlomo Network analysis and construction planning. **Journal of Construction Division**. ASCE, Vol. 100, N. 4, p. 703-710, 1974.

PERERA, Srilal. Resource sharing in linear construction. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 109, N. 1, p. 102-111, 1983.

PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção**. São Paulo, 1993. Tese de doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

POPESCU, C. M. Why it is difficult to implement a "resource scheduling computer system" in a construction firm. **Symposium on organization and management of construction**. Proceedings, V. II, p. IV. 196-208. Washington D.C.: CIB W65, May 1976.

- PULTAR, Mustafa. Progress-based construction scheduling. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 4, p. 670-687, 1990.
- REDA, Rehab M. RPM: Repetitive project modeling. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 2, p. 316-330, 1990.
- RETIK, Arkady A comprehensive approach to planning of repetitive residential projects. In: CIB W-65 International symposium (7. : 1993: Trinidad & Tobago). **Organisation & Management Construction the Way Forward.**, Trinidad & Tobago: University of West Indies, p. 817-824, 1993.
- RILEY, D. R. e SANVIDO, V. E. Patterns of construction-space use in multistory buildings. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 121, N. 4, p. 464-473, 1995.
- ROCHA LIMA JR., João da Rocha. **Sistemas de informação para o planejamento na construção civil. Gênese e informatização**. São Paulo, 1990. Boletim técnico BT/26/90. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 69p.
- ROECH, W. Network planning and velocity-diagrams in housing construction industry. **INTERNET Congress**. (3. : 1972: Estocolmo). Vol. 2, Estocolmo, p. 415-422, 1972.
- RUMBAUGH, J. **Object-oriented modeling and design**. Prentice-Hall Int., 1991.
- RUSSELL, Alan D. REPCON: An innovative construction management system. **CIB 90 Building Economics and Construction Management Conference**. (1990 : Sidney). Australia, Vol. 6, p. 405-416, 1990.
- RUSSELL, Alan D. e CASELTON, William F. Extensions to linear scheduling optimization. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 114, N. 1, p. 36-52, 1988.
- RUSSELL, Alan D. e WONG, William C. M. New generation of planning structures. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 119, N. 2, p. 196-214, 1993.

- SANTOS, Aguinaldo, FORMOSO, Carlos T., HINKS, John. Method of intervention on the flow of materials in building processes. **Conference of Lean Construction**. (4. : 1996). Anais, 1996. <http://www.vtt.fi/rte/lean/>
- SANVIDO, V. E. e MEDEIROS, D. J. Applying computer-integrated manufacturing concepts to construction. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 24, p. 365-379, 1990.
- SANVIDO, V. E. e PAULSON, B. Site-level construction information system. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 118, N. 4, p. 701-715, 1992.
- SANVIDO, V. E. e NORTON, K. J. Integrated design-process model. **Journal of Management in Engineering**. Vol. 10, N. 5, p. 55-62, 1994.
- SARRAJ, Z. M. Al. Formal development of line of balance technique. **Journal of Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 116, N. 4, p. 689-704, 1990.
- SAUSE, R., MARTINI, K., e POWELL, G. H. Object-oriented approaches for integrated engineering design systems. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 6, N. 3, p. 248-265, 1992.
- SAWHNEY, A. e ABOURIZK, S. M. HSM - Simulation-based planning method for construction projects. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 121, N. 3, p. 297-303, 1995.
- _____. Computerized tool for hierarchical simulation modeling. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 10, N. 2, p. 115-124, 1996.
- SCHMITT, Carin M. e HINKS, A. John Estudo comparativo sobre a organização e aplicação de sistemas computacionais no sub-setor de edificações da construção civil no Brasil e Reino Unido. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. (1998: Florianópolis). Anais, Florianópolis: UFSC, p. 107-116, 1998.
- SCHMITT, Carin M. Integração dos documentos técnicos com o uso de sistemas de informações computadorizado para alcançar qualidade nos projetos de obras de edificações. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. (1998 : Florianópolis). Anais, Florianópolis: UFSC, p. 117-124, 1998.

- SCHODERBEK, P. P. e DIGMAN, L. A. Third generation PERT/LOB. **Harvard Business Review**. Vol. 45, N. 5, p. 100-110, 1967.
- SCOMAZZON, B., SOIBELMAN, L. & SILVA, N. **Planejamento, Programação e controle de obras repetitivas - Técnica de Linha de Balanço - Estudo de caso**. Porto Alegre, 1985. Caderno de Engenharia N. 13. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SELINGER, S. Construction Planning for Linear Projects. **Journal of the Construction Division**. ASCE, Vol. 106, CO2, p. 195-205, 1980.
- SENOUCI, Ahmed B., ELDIN, Neil N. Dynamic programming approach to scheduling of nonserial linear project. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 107, N. 2, p. 106-114, 1996.
- SHAKED, O. e WARSZAWSKI, A. Knowledge-based system for construction planning of high-rise buildings. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 121, N. 2, p. 172-182, 1995.
- SHAPIRA, A. e LAUFER, A. Evolution of involvement and effort in construction planning throughout project life. **International Journal of Project Management**. Vol. 11 N. 3, pp. 155-163, 1993.
- STRADAL, O. e CACHA, J. Time space scheduling method. **Journal of the Construction Division**. ASCE, Vol. 108, CO3, p. 445-457, 1982.
- STUMPF, A. L., GANESHAN, R., CHIN, S. e LIU, L. Y. Object-oriented model for integrating construction product and process information. **Journal of Computing in Civil Engineering**. ASCE, Vol. 10, N. 3, p. 204-212, 1996.
- SUHAIL, Saad e NEALE, Richard H. CPM/LOB: New methodology to integrate CPM and line of balance. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 120, N. 3, p. 667-684, 1994.
- SYAL, M. G., GROBLER, F., WILLENBROCK, J. e PARFITT, M. K. Construction project planning model for small-medium builders. **Journal of the Construction Engineering and Management**. ASCE, Vol. 118, N. 4, p. 651-666, 1993.
- TAH, J. H. M., CARR, V., WANG, L. G. e HOWES, R. Towards construction project management foundation classes and software components, **CIB W-65 International**

- Symposium for The Organization and Management of Construction.** , ed. D. A. Langford e A. Retik, Vol. 3, p. 325-333, 1996.
- THABET, Walid Y. e BELIVEAU, Yvan J. Modeling work space to schedule repetitive floors in multistory buildings. **Journal of the Construction Engineering and Management.** ASCE, Vol. 120, N. 1, p. 96-116, 1994.
- _____. HVLS: Horizontal e vertical logic scheduling for multistory projects. **Journal of Construction Engineering and Management.** ASCE, Vol. 120, N. 4, p. 875-892, 1994.
- _____. SCArc: Space-constrained resource-constrained scheduling system. **Journal of Computing in Civil Engineering.** ASCE, Vol. 11, N. 1, pp. 48-59, 1997.
- THOMAS, R. H., SANVIDO, V. E. e SANDERS, S. R. Impact of material management on productivity - a case study. **Journal of Construction Engineering and Management.** ASCE, Vol. 115, N. 3, p. 370-384, 1989.
- TOMMELEIN, I. Discrete-event simulation of lean construction processes. **Conference on Lean Construction.** (5. : 1997). Anais, p. 121-125, 1997.
<http://www.vtt.fi/rte/lean/>
- TRIMBLE, G. Resource-oriented scheduling. **International Journal of Management.** London, Vol. 2, N. 2, p. 70-74, 1984.
- TUCKER, Richard L., ROGGE, David F., HAYES, William R. e HENDRICKSON, Frank P. Implementation of foreman-delays surveys. **Journal of Construction Division.** ASCE, Vol. 108, N. 4, p. 577-591, 1982.
- TURBAN, E. The line of balance - A management by exception tool. **Journal of Industrial Engineering.** Vol. 19, N. 9, p. 440-448, 1968.
- VAN SLYKE, R. M. Monte Carlo Method and the PERT Problem. **Operations Research.** Vol. 11, N. 5, p. 83-861, 1963.
- VARGAS, Carlos Luciano S. Cálculo do balanço entre atividades repetitivas para uso em programas de gerenciamento de projetos. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** (17: 1997: Gramado, RS), Resumos, Porto Alegre: UFRGS, PPGEp, p. 60. 1 CD-ROM: il., 1997.

- VARGAS, Carlos Luciano S.; AZEVEDO, J. M., DEMORI, L. M. e MELLO, R. B.
Aplicação da técnica da Linha de Balanço em edifício alto com a utilização de programa de computador de gerenciamento de projetos - estudo de caso.
Florianópolis, 1996. Trabalho acadêmico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- VORSTER, M. C. e BAFNA, T. Formal development of line of balance technique. Z. M. Al Sarraj. **Journal of Construction Engineering and Management.** ASCE, Vol. 118, N. 1, p. 210-211, 1992. Discussão.
- WANG, C. e HUANG, Y. Controlling activity interval times in LOB scheduling. **Construction Management and Economics.** Vol. 16, N. 1, p. 5-16, 1998.
- WINSTANLEY, G., CHACON, M. A. e LEVITT, R. E. Model-based planning: scaled-up construction application. **Journal of Computing in Civil Engineering.** ASCE, Vol. 7, N. 2, p. 199-217, 1993.